

Aus der Universitäts-Strahlenklinik Marburg/Lahn
Direktor: Prof. Dr. med. R. du Mesnil de Rochemont

Zur Frage der venösen Verbindungen des Stirnhöhlenareals mit dem Sinus sagittalis superior

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Ulrich Mosler
aus Langseifersdorf

Marburg 1966

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Aus der Universitäts-Strahlenklinik Marburg/Lahn

Direktor: Prof. Dr. med. R. du Mesnil de Rochemont

Zur Frage der venösen Verbindungen des Stirnhöhlenareals mit dem Sinus sagittalis superior

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Ulrich Mosler

aus Langseifersdorf

Marburg 1966

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg



Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 21.2.1966

gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Dekan: Prof. Dr. O. Braun-Falco

Referent: Prof. Dr. H. J. Süsse

Correferent: Prof. Dr. J. Berendes

Zur Frage der venösen Verbindungen des Stirnhöhlenareals
mit dem Sinus sagittalis superior

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
Einleitung	
1 <u>Anatomie der Stirnhöhlen</u>	1
1,1 Variabilität der Stirnhöhlen	1
1,2 Lagebeziehungen der Stirnhöhlen	1
1,3 Funktion der Nasennebenhöhlen bzw. Stirnhöhlen	6
1,31 nach Benninghoff	6
1,32 nach Maurer	6
1,4 Histologie der Stirnhöhlen	7
1,41 Knochen der Stirnhöhlen	7
1,42 Schleimhaut der Stirnhöhlen	8
1,43 Gefäße der Stirnhöhlen	8
1,5 Nerven der Stirnhöhlen	9
1,6 Lymphbahnen der Stirnhöhlen	9
2 <u>Entwicklung der Stirnhöhlen</u>	9
2,1 Zeitlicher Verlauf	9
2,2 Formale Entwicklungsvorgänge	11
2,3 Theorien zur Entwicklung	11
2,4 Entwicklung in der aufsteigenden Arthro- podenreihe	13
2,5 Zusammenhänge mit der Entwicklung des Hirnschädels	13
2,51 Morbus Langdon Down (Mongoloidie)	14
2,52 Kreuzschädel	14
2,53 Einseitiger Schluß der Kranznaht	15
2,54 Hemiatrophia cerebri	15
2,55 Subdurales Hämatom	16
2,56 Hämangiom	16
2,6 Entwicklung der Stirnhöhlen im Zusammenhang mit anderen Erkrankungen	17

	<u>Seite</u>
2,61 Ozäna	17
2,62 Kartagener Trias	17
2,63 Sinusitis	17
2,64 Akromegalie	17
2,65 Otitis media	17
2,66 Hand - Schüller - Christiansche Erkrankung	18
2,67 Supraorbitalneuralgien	18
2,68 Exostosen	18
 3 <u>Klinik der Stirnhöhlen</u>	 18
3,1 Entzündungen	18
3,11 Akute Stirnhöhlenentzündung	18
3,12 Chronische Stirnhöhlenentzündung	19
3,2 Folgekrankheiten der Stirnhöhlenentzündung	19
3,21 Ostitische u. periostitische Prozesse (Osteomyelitis des Stirnbeins)	19
3,22 Intrakranielle Komplikationen	20
3,23 Orbitale Komplikationen	20
3,3 Mukozelen	20
3,4 Geschwülste	21
 4 <u>Gefäßversorgung des Stirnhöhlenareals</u>	 21
4,1 Arterielle Versorgung (s. auch 1,43)	21
4,11 nach Rauber-Kopsch	22
4,12 Endäste der Arteria meningea anterior et media	22
4,2 Venöse Versorgung	23
4,21 Das Diploesystem und seine Entwicklung im Stirnhöhlenareal nach Langer	23
4,22 Venöse Abflüsse des Stirnhöhlenareals nach Zuckerkandl	27
4,23 Emissarium frontale	28
4,3 Zusammenfassung (Kapitel 4)	29
 5 <u>Durchblutungs- und Druckverhältnisse im Hirnschädel</u>	 30
5,1 Arterielle Versorgung	30

	<u>Seite</u>
5,11 Versuche (Drosselung und Unterbindung der Carotiden)	30
5,12 Arteria carotis interna	31
5,13 Arteria ophthalmica	31
5,14 Arteria carotis externa	32
5,141 Äußeres Netz (extrakranielle Arterien)	32
5,142 Inneres Netz (Aa. meningeae)	33
5,15 Circulus arteriosus Willisi	33
5,151 Anatomie	33
5,152 Funktion	34
5,2 Die Sinus durae matris	35
5,3 Die frontalen Gehirnvenen	38
5,31 Die äußeren Hirnvenen	38
5,32 Die inneren Hirnvenen	40
5,4 Der Sinus cavernosus	41
5,41 Lagebeziehungen	41
5,42 Gefäßverbindungen	41
5,5 Venöse Verbindungen der intrakraniellen mit den äußeren Schädelvenen	42
5,51 Direkte Verbindungen (Venae emissariae)	42
5,52 Indirekte Verbindungen (Vv. diploicae)	45
5,6 Der Sinus sagittalis superior	46
5,61 Entwicklungsgeschichte	46
5,62 Lagebeziehungen	47
5,63 Lacunae laterales	49
5,64 Pacchionische Granulationen	52
5,65 Drucksituation im Sinus sagittalis superior	54
5,66 Architektonik des Sinus sagittalis superior nach Wimmer	57
5,7 Venae meningeae sive Venae bregmaticae sive Sinus spheno-parietalis)	59
6 <u>Pathologische Druckverhältnisse im Schädel</u> <u>durch raumfordernde Prozesse nach Tönnis</u> <u>und ihre Bedeutung für den Blutkreislauf</u>	63

	<u>Seite</u>
6,1 Allgemeine Druckwirkung	66
6,2 Gerichtete Druckwirkung	66
7 <u>Sinographie am Lebenden</u>	68
8 <u>Eigene Untersuchungen</u>	71
8,1 Methodik	71
8,2 Röntgenologische Aufnahmetechnik	72
8,3 Beobachtungen während der Injektionen	73
8,4 Darstellung des Sinus sagittalis superior und der angeschlossenen Venen	73
8,41 Besonderheiten der Venenfüllung	73
8,42 Das vordere Ende des Sinus sagittalis superior	75
8,43 Die Venae meningae mediae	91
8,44 Hirnvenen	107
8,45 Lacunae laterales	111
8,46 Pacchionische Granulationen	112
8,5 Beziehungen zwischen Anatomie des Sinus sagittalis superior und der Entwicklung der Stirnhöhlen	112
9 Diskussion der Ergebnisse	123
10 Zusammenfassung	128

Literatur

Einleitung.

Im Schrifttum mehren sich Mitteilungen, wonach die bekanntlich großen individuellen Unterschiede in der Ausbildung der Stirnhöhlen auf Besonderheiten der Entwicklungsverhältnisse innerhalb des Hirnschädels zurückzuführen seien. Die hierbei zutage tretenden Nachbarschaftsbeziehungen verschiedenartiger Gewebe lassen die Stirnhöhlen deswegen als ein besonders geeignetes Wachstumsmodell erscheinen.

Während an derartigen Koordinationen nicht mehr zu zweifeln ist, sind die korrelierenden Faktoren bislang jedoch nicht geklärt. Eine wesentliche Rolle scheinen hierbei die auf das Stirnhöhlenareal einwirkenden Druckverhältnisse des Endokraniums zu spielen. Davon ausgehend werden auch spezielle Durchblutungs- und Ernährungsverhältnisse der Schleimhaut, des Stirnbeinknochens und der umgebenden Weichteile als für die individuelle Architektur der Stirnhöhlen wesentliche Voraussetzungen angesehen.

Es wurden deswegen alle nur erreichbaren Befunde über die Durchblutung des Stirnhöhlenareals und ebenfalls des Hirnes und des Hirnraumes zusammengestellt, soweit letztere auf diesen Einfluß haben können.

Da gemäß den neueren Vorstellungen möglicherweise die venöse Durchblutungssituation im Bereich der Stirnhöhlen für deren Ausbildung besondere Bedeutung hat, diese aber am Lebenden nur ungenügend beurteilt werden kann, wurde an Leichen untersucht, wieweit durch Kontrastmittelfüllungen die topographischen Beziehungen zwischen dem oberen Längsblutleiter und dem Stirnhöhlenareal röntgenologisch dargestellt werden können, und ob sich daraus neue Gesichtspunkte für die Entwicklung der Stirnhöhlen ableiten lassen.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

1. Anatomie der Stirnhöhlen

1,1 Variabilität der Stirnhöhlen

Die Stirnhöhlen sind die variabelsten aller Nasennebenhöhlen. Zwischen enorm entwickelten und fehlenden Stirnhöhlen gibt es alle Zwischenformen. In einem Material von 1200 Röntgenaufnahmen des Schädels bzw. der Nasennebenhöhlen fehlten sie in 5 % der Fälle beiderseits. Auf einer Seite, ebenso oft rechts wie links, waren sie in 1 % der Fälle nicht entwickelt (Onodi). Sie können durch eine oder mehrere Siebbeinzellen verdrängt werden, die dann die Entwicklung eigener Stirnhöhlen vortäuschen. Sie können sich auch ungewöhnlich ausdehnen. Z.B. fächerförmig nach oben bis zu den Stirnhöckern oder lateralwärts gegen die Schläfengrube bis zu den Jochbeinfortsätzen, ferner im Dach der Orbita bis zum kleinen und großen Keilbeinflügel. Infolge einer manchmal vorkommenden Deviation des zwischen beiden Stirnhöhlen bestehenden knöchernen Septums nach der einen oder anderen Seite hin sind die beiden Sinus oft asymmetrisch. Häufiger aber liegt das Septum in der Mittellinie und die Stirnhöhlen beider Seiten zeigen mehr oder minder Größenunterschiede. (Die Symmetrie bzw. Asymmetrie der Stirnhöhlen bei einem klinisch völlig gesunden Kollektiv (Piloten) hat Fiegel näher untersucht). Oft finden sich innerhalb einer Höhle durch Knochenleisten und Scheidewände bedingte Nischen und Recessus. In einzelnen Fällen können auf diese Weise isolierte Kammern abgetrennt werden.

1,2 Lagebeziehungen der Stirnhöhlen

Die Stirnhöhlen beidseits der Mittellinie in das Os frontale eingebettet, sind in ihrer Ausdehnung und Form großem Wechsel unterworfen und oft asymmetrisch (1,1). Die übliche Form des Sinus frontalis läßt sich mit einer dreiseitigen Pyramide vergleichen, deren Spitze dort im

aufsteigenden Teile des Stirnbeines liegt, wo dessen beide Tafeln, Tabula interna und externa zusammentreffen (Zuckerkanal). In der Regel ist die vordere Stirnhöhlenwand die stärkere, während die cerebrale, hintere Wand gewöhnlich viel dünner und die orbitale Wand am dünnsten ist. (Onodi; Abb. 1).

Die Hinterwand bildet einen Teil der Schädelhöhlenwandung und liegt unmittelbar vor dem Lobus frontalis cerebri (Abb. 2 und 3); der Sinus sagittalis superior liegt ihrer Hinterfläche direkt an. Die Crista frontalis bildet hier eine pfeilerartig in der Mittellinie vorspringende Verstärkung des Knochens (Merkel). Bezüglich des konvexen Teiles des Stirnlappens überlagert die Stirnhöhle nach Onodi je nach ihrer Größe den Bereich des Gyrus frontalis superior, des Gyrus frontalis medius und des Gyrus frontalis inferior. Bei größerer Ausdehnung kann die Stirnhöhle im unteren Teil das Gebiet aller drei Frontalwindungen berühren oder sich auch über 4 - 8,2 cm nach oben in das Gebiet des Gyrus frontalis superior und medius erstrecken.

Die Vorderwand ist bei großen Stirnhöhlen besonders ausgedehnt, wobei der Arcus superciliaris, der schief über die Stirnhöhlen zieht, als Verstärkung aufzufassen ist (Merkel). Jedoch läßt sich von der Ausbildung des Arcus superciliaris nicht auf die Größe der Stirnhöhlen schließen (Onodi). Die Vorderwand enthält gewöhnlich stärkere Vv. diploicae, aus denen es bei Verwundungen der Stirnhöhlen zu stärkeren Blutungen kommen kann (Merkel).

Die Innenwand wird vom knöchernen Septum gebildet, das gewöhnlich vorhanden ist und beide Höhlen voneinander trennt; der Boden trägt den in die Nase mündenden Ausführgang (Ductus naso-frontalis) und gliedert sich in die sehr dünne Pars orbitalis und in die Pars nasalis, welche direkt von Siebbeinzellen unterlagert ist, die in vielen Fällen kuppel- oder blasenförmig in das Innere der Sinus vorspringen. An die Pars orbitalis schließt sich

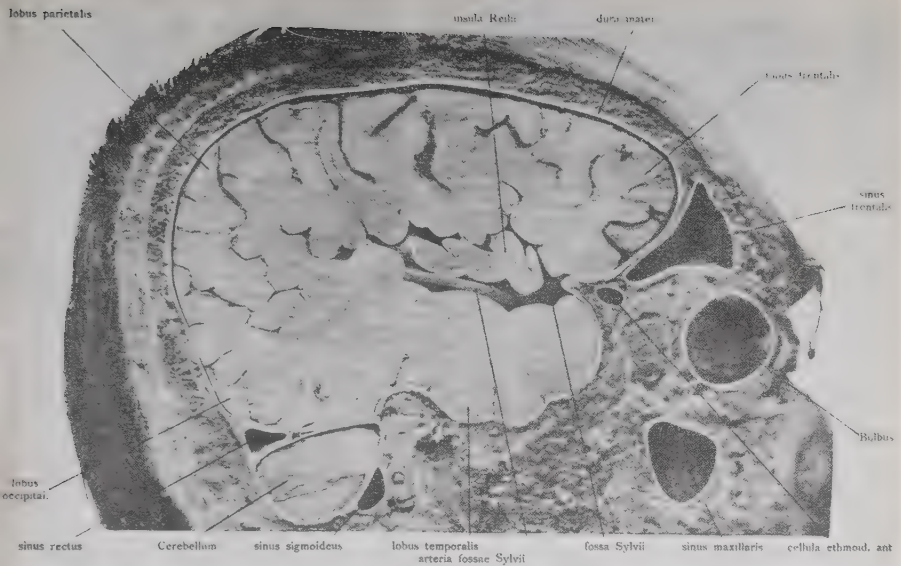


Fig. 73. Natürliche Grösse.
Sagittalschnitt. Beziehung der Stirnhöhle zum Stirnlappen.

Abb. 1 Die Beziehungen der Stirnhöhle zur vorderen Schädelgrube und zum Stirnlappen. Sagittalschnitt. Aus Onodi, A.: Die Eröffnung der Schädelhöhle und Freilegung des Gehirns von den Nebenhöhlen der Nase aus. Sonderdruck aus Zeitschrift für Laryngologie, Rhinologie und ihre Grenzgebiete Bd. IV Heft 1 Würzburg 1911).

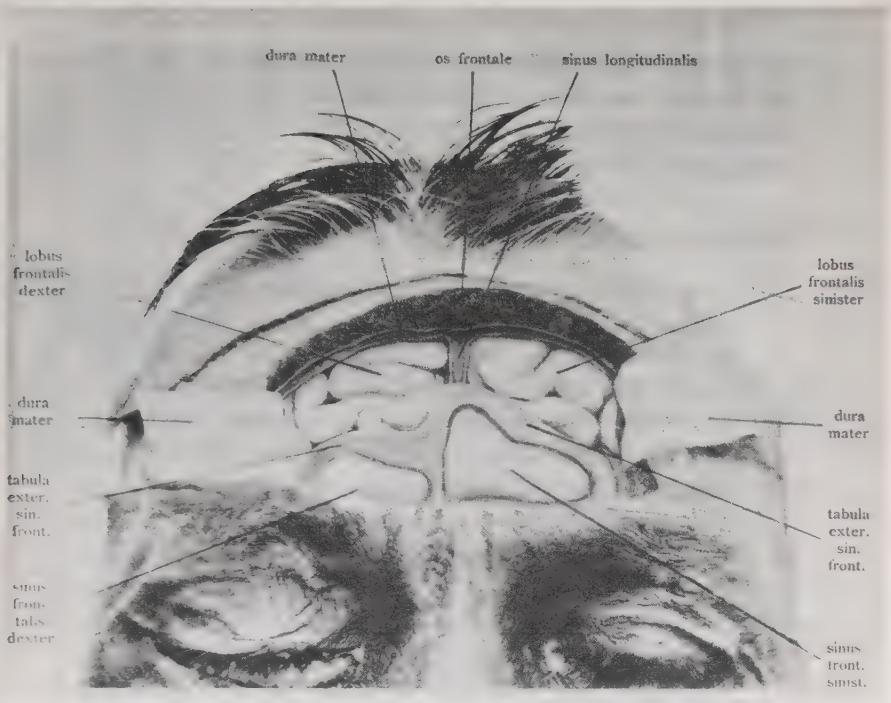


Abb. 3 Die Lagebeziehung zwischen Stirnhirn und Stirnhöhle.
Vordere Stirnhöhlenwand entfernt (Aus Onodi, A.; loc. cit. bei Abb. 1).

in der Schädelbasis nach hinten die Keilbeinhöhle an.

Der Ductus naso-frontalis mündet in 50 % der Fälle durch den Hiatus semilunaris und in den übrigen 50 % mit einer selbständigen Mündung in den vorderen Teil des mittleren Nasenganges (Benninghoff).

1,3 Funktion der Nasennebenhöhlen bzw. Stirnhöhlen

1,31 Nach Benninghoff sind die Nasennebenhöhlen druckentlastete Räume, die in toten Winkeln liegen und beim Zusammenbau der Hirn-, Ohr- und Nasenkapsel im Laufe der Entwicklung entstanden sind. Nach ihm sind die Wände der pneumatisierten Knochen als Verstrebe-pfeiler aufzufassen, die zum Übertragen von Drucken dienen, z.B. des Kaudruckes. Allerdings ist beim Menschen die Gewichtersparnis durch die Hohlraum-bildung gering; befände sich in den Höhlen anstelle von Luft Spongiosa, dann würde das Schädelgewicht nur um 2 % größer werden. Das legt die Vermutung nahe, daß die Nasennebenhöhlen nicht allein aus der Konstruktion des Schädels verständlich werden können, sondern daß ihre Entstehung mehreren Bedingungen gehorcht. Möglicherweise könnten nach Benninghoff die Nasennebenhöhlen die Resonanz der Stimmbildung verstärken und die in ihnen enthaltene Luft vorwärmen.

1,32 Nach Maurer sind die Nasennebenhöhlen hauptsächlich ein Wärmespeicher und ein Wärmepolster ("Doppel-fenster") für das Gehirn.

Mit zunehmender Größe der Tiere werden vermehrte Anforderungen an die oberen Luftwege hinsichtlich der Wärmeabgabe gestellt. Bei den vorwiegend oder ganz im Wasser lebenden Säugetieren sind die an die Atmung gestellten Anforderungen geringer und die Nebenhöhlen infolgedessen weniger stark ausgebildet. Daraus soll sich erklären, daß z.B. die Pneumatisation beim Eisbären - im Gegensatz zum braunen Bären -

weniger stark ausgebildet ist. Denn während der Eisbär bei relativ geringen Temperaturdifferenzen lebt und meist offenes Wasser aufsucht, unterliegt dagegen der braune Bär wesentlich größeren Klimaeinflüssen (tropisch, subtropisch, arktisch) und ist auf eine stärkere Wärmabgabe angewiesen (Maurer).

1,4 Histologie der Stirnhöhlen

1,41 Knochen der Stirnhöhlen

Nach Mair, der Knochenschliffe der Stirnbeinschuppe und des Augenhöhlendaches im polarisierten Licht betrachtete, sowie nach v. Gilse, Eckert-Möbius u.a. sind die Höhlenflächen der Stirnhöhlen ausgesprochene Resorptionsflächen, die genauso aussehen wie die Wände großer Markräume. Eine Vergrößerung einer solchen Höhle wäre nur durch immer neue Ablagerungen an der Außenfläche ihrer Wand und Zerstörung der Höhlenbegrenzung denkbar. Die Erweiterung der Höhle wird eingeleitet durch große Markraumbildungen. Sie liegen in unmittelbarer Nachbarschaft der Stirnhöhlen, nur durch dünne Scheidewände von ihnen getrennt. Vordere und hintere Stirnhöhlenwand bestehen aus lamellären Schichten und Resten der Schwammschicht. Eine Tiefenzunahme der Stirnhöhlen von hinten nach vorne oder eine Höhenzunahme des Augenhöhlenteiles der Stirnhöhlen ist nur denkbar, wenn gleichzeitig die Innen- oder Außentafel oder beide zugleich neue Auflagerungen erhalten.

So finden wir also vom ersten Auftreten der knöchernen Kapsel an bis zu ihrer Fertigung durch die Bildung von Außen- und Innentafel einen ständigen An- und Abbau im zarten Bälkchen- und Maschenwerk als Ausdruck der stetigen Änderung der funktionellen Beanspruchung des Gesamtschädels und seiner einzelnen Teile (Benninghoff).

1,42 Schleimhaut der Stirnhöhlen

Die Schleimhautauskleidung der Stirnhöhle ist oft nur Bruchteile eines mm dick. Sie stammt entwicklungsge-schichtlich von der Nasenschleimhaut ab, d.h. ihr mehr-reihiges Zylinderepithel besteht aus Flimmerepithel, das häufig mit zahlreichen Becherzellen versehen ist. Darunter liegt ein lockeres, zellarmes Gewebe mit flies-sendem Übergang in das Periost. Eine Basalmembran in den Stirnhöhlen fehlt offenbar, ebenso die Ausbildung tubulo-alveolärer Drüsen. Nur in der Gegend des Über-ganges zur Nase hin pflegen vereinzelt derartige Ge-bilde vorhanden zu sein (Runge).

1,43 Gefäße der Stirnhöhlen

Auch in Bezug auf das Gefäßsystem sind die pneumati-schen Anhänge Abkömmlinge der Nasenschleimhaut (Zucker-kandl). Die Gefäße der Nase kommunizieren daher auch mit jenen der Stirnhöhlen (Näheres siehe 4,11; 4,22). - Die in die Auskleidung der Stirnhöhle eindringenden und der Schleimhaut oberflächlich zusteuern den Arterien geber für die periostale Schicht der Auskleidung eine Reihe von Zweigen ab, die in letzterer ein zartes, gestreckt verlaufendes und weitmaschiges Kapillarnetz formieren. Die venösen Anteile der Kapillaren gehen in größere Gefäße und diese in ein dichtes, tiefliegendes Geflecht von verhältnismässig starken Einzelvenen über (Zucker-kandl).

Sowohl bei der pneumatisierenden, als auch bei einer hyperplastischen Schleimhaut ist die Zahl der Gefäße in der bindegewebigen Grundschicht der Schleimhaut besonders groß (v. Gilse, Runge, Schwarz, Oltersdorf).

-

(Weiteres siehe 4,2)

5 Nerven der Stirnhöhlen

Die Stirnhöhlen werden nach Tanew einmal durch Rr. nasales laterales et mediales des N. ethmoidalis ant. aus dem 1. Ast des N. trigeminus, andererseits von Rr. nasales posteriores superiores laterales et mediales des 2. Trigeminusastes (Gangl. pterygopalatinum) versorgt.

6 Lymphbahnen der Stirnhöhlen

Die Lymphkapillaren der Stirnhöhlen verlaufen nach Schwarz zusammen mit den arteriellen und venösen Kapillaren im subepithelialen bindegewebigen Grundstock der Stirnhöhlenschleimhaut. Entsprechend der Entwicklung der Nasennebenhöhlen hängen die Lymphgefäße der Stirnhöhlen mit denen der Nasenhöhle zusammen (Merkel). Letztere haben Kommunikationen einmal zu Lymphknoten vor dem 2. Halswirbel am großen Zungenbeinhorn und in der Parotisgegend. Zum anderen sollen sie durch die Siebplatte hindurch mit dem Subarachnoidalraum des Gehirns kommunizieren (Benninghoff, Eigler).

Entwicklung der Stirnhöhlen

1 Zeitlicher Verlauf

Während die übrigen Nebenhöhlen zur Zeit der Geburt bereits im Knochen angelegt sind, entwickeln sich die Stirnhöhlen erst im Laufe des postfetalen Lebens und werden erst relativ spät auf dem Röntgenbild sichtbar. Auch in Schnittpreparaten konnte Oltersdorf noch keine Stirnhöhlenanlagen beim menschlichen Embryo feststellen. Onodi legt die Größe der Stirnhöhlen beim Neugeborenen auf Grund von Schnittuntersuchungen auf 2-4 mm fest. Nach Tanew dagegen sind die Stirnhöhlen histologisch bereits im 4. - 5. Fötalmonat sichtbar. Nach Voelckel treten die Stirnhöhlen am häufigsten im 6. - 7. Lebensjahr röntgenologisch in Erscheinung. Im Alter von 10 - 11 Jahren gehen die Stirnhöhlen von ihrer bis dahin annähernd kreisförmigen Gestalt und damit verbunden gleichmäßigem Wachstum in horizontaler und vertikaler Richtung ab und dehnen sich vorwiegend nach lateral

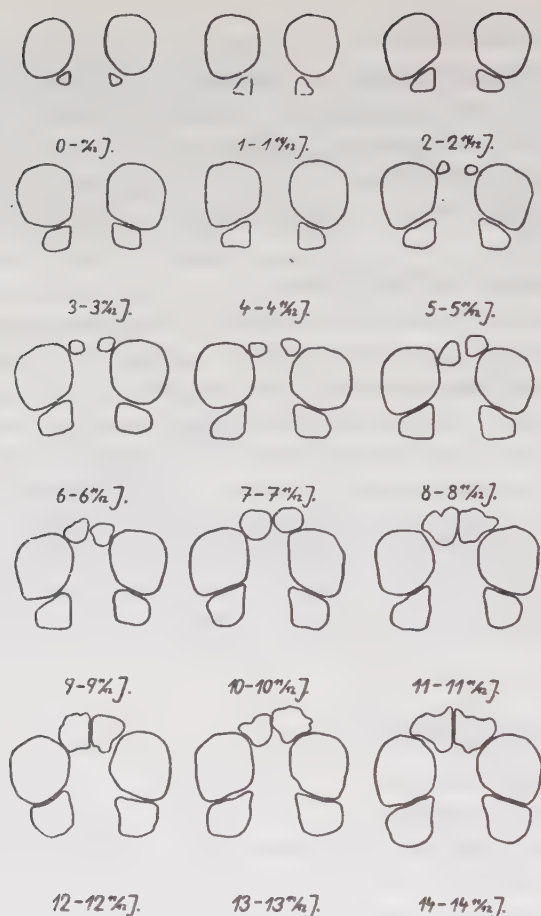


Abb. 4 Die röntgenologische Entwicklung der Stirn- und Kieferhöhlen im Kindesalter. (Aus Voelckel, E.W.: Die Entwicklung der Nasennebenhöhlen im Kindesalter, Inaug. Diss. Göttingen 1957. Aus der Universitäts-Kinderklinik Heidelberg).

aus (siehe Abb. 4). Gleichzeitig bilden sich einerseits Septen innerhalb der Hohlräume, andererseits nähern sich die medialen Begrenzungen beider Stirnhöhlen. Im Alter von 14 Jahren tritt dann noch einmal eine deutliche Größenzunahme der Stirnhöhlen ein.

2,2 Formale Entwicklungsvorgänge

Zur Darstellung des normalen Pneumatisationsablaufes empfehlen v. Gilse, Koch, Tanew u.a., die sekundären Pneumatisationsvorgänge von der Entwicklung der primären Höhlenanlage in der Nasenkapsel scharf zu trennen. Die primäre Stirnhöhlenanlage besteht aus einer epithelialen, blindsackartigen Ausstülpung, die vom oberen Teil des mittleren Nasenganges ihren Ausgang nimmt und unter Resorption von Knorpel und Submukosa nach oben vordringt. Demgegenüber wird unter sekundärer Pneumatisation die Ausbildung einer Höhle unter Resorption des Knochens verstanden, in dem sich die endgültige Höhle entwickelt. Nach Tanew erfolgt die sekundäre Stirnhöhlenbildung nicht aus der primären Anlage, sondern aus frontalen Siebbeinzellen heraus.

2,3 Theorien zur Entwicklung

Die große Variabilität der Nasennebenhöhlen, besonders die der Stirnhöhlen, deren Ursachen ja in den Pneumatisationsvorgängen bzw. deren Störungen zu suchen sind, hat zu zahlreichen Arbeiten und Theorien Anlaß gegeben. Albrecht, Schwarz und Wittmaack sehen die pneumatisierende Kraft fast ausschliesslich in der Schleimhaut, die das subepitheliale Bindegewebe zur Knochenresorption anregt. Runge, Wittmaack u.a. erklären eine verminderte Pneumatisation der Nasennebenhöhlen als Folge mehr oder minder chronischer Entzündungen der Schleimhaut. Albrecht, Leicher und Schwarz führen sie auf eine anlagemässig bedingte verringerte Entwicklungspotenz des Epithels zurück. Nach v. Gilse und Koch ist neben der Schleimhaut

vor allem des subepithelialen Gewebes, der Knochen der zweite die Pneumatisation bestimmende Faktor. Wenn der Knochen nicht lamellär und kompakt sowie an der der Schleimhaut abgewandten Seite nicht von Spongiosa begrenzt ist, dann soll die Pneumatisation nur gering sein. Auch nach Oltersdorf beruht die Entwicklung der Nebenhöhlen auf Wachstumsvorgängen, die nur durch Beteiligung der Schleimhaut einerseits und des Korpels und Knochens andererseits vor sich gehen können. Hier sei auch die Theorie von Sitsen erwähnt, der die postfetale Ausdehnung des Epithel luftsackes im wesentlichen auf Binnendruckwirkung der atmosphärischen Luft und der dadurch bedingten Stauungsatrophie des Knochens zurückführt. Eckert-Möbius sieht die Ursache der Pneumatisation, bzw. deren Hemmung, im Knochen selbst, und zwar unter Berücksichtigung der im wachsenden Knochen auftretenden dysfunktionell-dystrophischen und funktionell-trophischen Stoffwechselwirkungen. Schlosshauer sieht in der "Spongiosierung" des Stirnbeinknochens eine Pneumatisationsvorstufe, spricht dieser aber, gemessen an der Pneumatisationskraft der Schleimhaut, nur eine untergeordnete Aufgabe zu. Tanew meint, daß das Stirnbein als platter Knochen ohnehin bereits schwerer zu pneumatisieren sei als kompakter Knochen. Kommt hierzu noch eine verminderte Pneumatisationspotenz der Schleimhaut als Folge der Entwicklung der Stirnhöhlen aus Siebbeinzellen statt aus der primären Stirnhöhlenanlage, so sei eine Hypo- oder Aplasie der Stirnhöhlen die Folge. Nach Süsse ergibt sich aus der Lage der Stirnhöhlenregion im Grenzgebiet zwischen Hirn- und Gesichtsschädel eine starke Abhängigkeit ihrer Durchblutungs- und Entwicklungsdynamik von der endokraniellen Druck- und Hydrodynamik. Letztere kann die Konfiguration des Hirnschädels, des Stirnbeines und der Stirnhöhlen bei normalen, atypischen und abnormen Wachstumsverhältnissen beeinflussen. Die korrelierenden Faktoren, welche dynamisch die Koordination zwischen Stirnhöhlenentwicklung und Gesamtschädel vermitteln, werden

also vor allem in den druck- und hämodynamischen Beziehungen gesehen. Es wird angenommen, daß ähnliche Beziehungen auch für die übrigen Nebenhöhlen gelten. (Weiteres s. auch 2,4).

2,4 Entwicklung in der aufsteigenden Arthropodenreihe

In der aufsteigenden Arthropodenreihe bis zum Menschen zeigen die Stirnhöhlen eine fortschreitende Tendenz zur Rückbildung. Wirft man einen Blick auf die Hohlraumverhältnisse bei den Säugetieren, dann findet man, daß an Stelle der Hohlräume auch große Spongiosaräume treten können. Manche Tiere wie die Wale und Robben besitzen gar keine Nebenhöhlen, bei anderen sind einzelne Höhlen sehr weit ausgedehnt, wie die Stirnhöhlen bei Wiederkäuern (Rhinozeros, Elefant) und bei vielen Nagern, wo sie bis zum Hinterhaupt reichen. Der Gorilla besitzt noch ausgeprägte Nasennebenhöhlen, der Schimpanse kleinere, noch kleinere der Neandertaler, die aber immerhin noch größer sind als beim lebenden Menschen. - In dieser Entwicklung bleiben nach Oltersdorf die Sinus frontales zwangsläufig klein, weil sich die für ihre Entfaltung notwendigen Knochenmassen gleichfalls von Stufe zu Stufe verringern. Reduziere sich der Knochen, so nāme auch die Grōße der statisch-mechanischen Faktoren ab, denen er seine Gestaltung verdanke. Diese sollen beim Menschen durch die besondere Schädelform bedingt sein: Steilstellung des Stirnbeines, die Basisknickung und damit das Zurücktreten des Gesichtsschädels unter das Gehirn. - Sicherlich ist mit diesen Vorgängen der Grad der Hirnentwicklung eng gekoppelt.

2,5 Zusammenhänge mit der Entwicklung des Hirnschädels

Die Vermutung, daß eine Korrelation zwischen dem individuell variablen Schädelbau und der Konfiguration bzw. der räumlichen Ausdehnung der Nebenhöhlen besteht, ist mehrfach ausgesprochen worden. Nach Noetzel, Weickmann, Süsse u.a. ist die Ausbildung des Hirnschädels weitgehend

von der Ausdehnung und Bildung des Gehirns abhängig. Davon kann heute als gesichert gelten, daß die einseitig übergroße Entwicklung einer Stirnhöhle eine abnorme Pneumatisationsform darstellt, die ihrerseits auf cerebralen Entwicklungsstörungen beruht (Noetzel, Weickmann, Lit. bei Weickmann). Nach Süsse soll ganz allgemein die Ausbildung der Stirnhöhlen mit der Ausbildung des Gesamtschädels korreliert sein (s.2,3).

Es ist bereits eine Reihe pathologischer Veränderungen am Schädel bekannt, die mehr oder minder gesetzmäßig mit einer abnormen Entwicklung der Stirnhöhlen einhergehen. Dies zu wissen ist notwendig, da vielfach schon das Röntgenbild an Hand der abnormen Stirnhöhlen den Verdacht auf eine intracerebrale Störung zu äussern gestattet.

2,51 Morbus Langdon Down

Van Gilse beschreibt 5 Fälle von Mongoloidie, bei denen beide Stirnhöhlen und mehrfach auch die Keilbeinhöhle aplastisch waren. Auch anderen Autoren (Kassowitz, Fraser) war es aufgefallen, daß bei dieser Erkrankung die Schädelnähte bei Lebenden auffallend weit klappten und länger als normal bestehen blieben, während der Knochen selbst außergewöhnlich fest war. Weiterhin konnte auch ein Zurückbleiben der Verschmelzung von Nasenkapsel und Schädelbasis nachgewiesen werden. Nach Koch ist diese Entwicklungshemmung der Nasennebenhöhlen als eine Teilerscheinung der allgemeinen Entwicklungshemmung, besonders aber als eine Folge des kleinen Schädels und der verzögerten Dentition aufzufassen.

2,52 Kreuzschädel

Schloßhauer und Eckert-Möbius erwähnen, daß bei einer abnormen Persistenz der Sutura frontalis die Pneumatisation der Stirnhöhlen gehemmt sei. Eckert-Möbius deutet dies so, daß die gefäßführende Naht

den Knochen vor dystrophischen Vorgängen und damit vor einer Pneumatisation schützt.

2,53 Einseitiger Schluß der Kranznaht

Aber auch ein~~vor~~zeitiger Verschuß der Schädelnähte führt zu atypischen Entwicklungen der Stirnhöhlen. Bei einseitig-vorzeitigem Schluß der Kranznaht ist neben der dadurch bedingten Asymmetrie des Schädels die Stirnhöhle der gleichen Seite meist klein, die der Gegenseite dagegen vergrößert (Güttner). Stärkere Seitendifferenzen wurden ebenfalls auffällig oft bei frontal gelegenen Hirntumoren festgestellt (Süsse). Bei beidseitig vorzeitigem Nahtschluß, bzw. beim Turmschädel, bei der Trigoncephalie, nach Hydrocephalus findet man oft beidseitig minderentwickelte Stirnhöhlen.

2,54 Hemiatrophie cerebri

Güttner, Noetzel, Süsse, Weickmann u.a. beschreiben auf Grund von röntgenologischen Untersuchungen Fälle von Hemiatrophie cerebri, denen eine abnorme Vergrößerung der homolateralen Stirnhöhlen bei gleichzeitigem Zurückbleiben der ganzen knöchernen Schädelhälfte im Gebiet der atrophischen Hirnhälfte gemeinsam war. Nach Noetzel stellen die Nebenhöhlenvergrößerungen analog den Schädelasymmetrien einen Anpassungsvorgang an die atrophische Hirnhälfte dar. Hierher gehören auch weitere hypoplastische Hirnprozesse, z.B. die Sturge-Weber'sche Erkrankung, bei der es ebenfalls zu einer verstärkten Entwicklung der homolateralen Stirnhöhlen kommt. Zu diesem Befund kommen noch weitere Veränderungen, die oben schon erwähnte geringere Kapazität der betroffenen Schädelhälfte, eine Verdickung ihrer Kalotte, ein Hochstand ihres Felsenbeines und eine

Neigung der Crista Galli. "

Literatur: Cotard, Dyke, Güttner, Petit-Dutallis, Fischgold, Schiffer, Weickmann, Süsse.

Beidseits große Stirnhöhlen finden sich weiterhin oft bei der Mikrocephalie.

2,55 Frühkindliches, subdurales Hämatom

Subduralblutungen bei Säuglingen führen nicht immer zum Tode, machen aber im Erwachsenenalter häufig neurologische Erscheinungen. Neben Anomalien des venösen Abflusses des Hirnblutes und Verkalkungen über den Großhirnhemisphären beobachteten Decker und Hipp stark vergrößerte Nebenhöhlen; besonders die Siebbeinzellen, die bis weit in die Orbitaldächer vordringen und die Stirnhöhlen waren betroffen.

2,56 Hämangiom

Süsse beobachtete drei Personen, die ein größeres kavernöses Hämangiom im Gesicht aufwiesen, und bei denen zugleich die nächstgelegenen Nebenhöhlen deutlich vergrößert waren. In einem dieser Fälle fanden sich unter dem Hämangiom die Stirn- und Kieferhöhle einer Seite stark erweitert, die Vorderwand der Stirnhöhle vorgewölbt und eine starke Asymmetrie am Ober- und Unterkiefer mit entsprechender Gebißanomalie. Nach Süsse ist die mit den Hämangiomen einhergehende Durchblutungsänderung die Ursache für die Formwandlung der betroffenen Nebenhöhlen. Offensichtlich ist davon zugleich die Durchblutung der Nebenhöhlen in bestimmter Weise so verändert worden, daß dadurch die Ausbildung eines großen Hirnwulstes, die Auflockerung eines großen Knochenbezirkes, das Wachstum der Schleimhaut und ihre Fähigkeit zur Knochenresorption intensiv gefördert worden ist.

2,6 Entwicklung der Stirnhöhlen im Zusammenhang mit anderen Erkrankungen

Mehrere Autoren bringen eine Hypo-, Hyper- oder Aplasie der Stirnhöhlen in Zusammenhang mit verschiedenen Krankheiten.

- 2,61 So fand Haike, der an einem umfangreichen Material von Röntgenaufnahmen die Pnéumatisation untersuchte, daß die Ozäna meist mit kleinen Nasennebenhöhlen verbunden ist. Er lehnt jedoch einen kausalen Zusammenhang ab und führt beides auf eine gemeinsame, wenn auch unbekannte Ursache zurück.
- 2,62 Torgersen hingegen versucht die Kartagener Trias (kongenitale Bronchiektasen, kleine Stirnhöhlen und zuweilen ein Situs inversus) mit der Theorie eines gemeinsamen Genenkomplexes zu erklären. Er berichtet von einer Familie, bei der in zwei aufeinanderfolgenden Generationen diese Trias mehrfach nachzuweisen war.
- 2,63 Maresh und Washburn kontrollierten bei 100 Kindern, die einmal an einer Sinusitis erkrankt waren, die Entwicklung der Nasennebenhöhlen und kamen zu dem Ergebnis, daß letztere durch die Sinusitis nicht beeinflusst wurde.
- 2,64 Püschel und Schlosshauer sprechen von einer innersekretorischen Beeinflussung der Nasennebenhöhlen bei der Akromegalie. Und zwar seien bei einem Überangebot des somatotropen Hormons des Hypophysenvorderlappens, das zur Akromegalie führt, auch die Nasennebenhöhlen vergrößert. Das androgene Hormon habe keinen faßbaren Einfluß auf die Pneumatisation.
- 2,65 Vyslonzil stellte eine Hemmung der Stirnhöhlenentwicklung bei Kindern fest, die im Alter von 4-7 Jahren an einer chronischen Otitis media erkrankt waren.

- 2,66 Nach Jakob fehlen bei der Hand-Schüller-Christianschen Erkrankung sowohl die Stirn- als auch die Kieferhöhlen vollständig.
- 2,67 Janson beobachtete bei Supraorbitalneuralgien das Fehlen der Stirnhöhle auf der gleichen Seite.
- 2,68 Schließlich berichtet Richter von 800 Fällen beiderlei Geschlechts, bei denen er die Stirnhöhlen röntgenologisch untersuchte. Unter anderem gibt er an, daß bei vorhandenen Stirnhöhlen ohne Rücksicht auf das Geschlecht in 80 % keine Exostosen oder kompakter Knochen in den Orbitalbuchten, bei fehlenden Stirnhöhlen in 62 % solche vorhanden sind. Er schließt daraus, daß kompakter Knochen oder Exostosen besonders bei fehlenden oder sehr kleinen Stirnhöhlen vorkommen.

3 Klinik der Stirnhöhlen nach Eigler

3,1 Entzündungen.

Entzündungen der Nebenhöhlen, besonders der Stirnhöhlen, entstehen meist rhinogen nach Schnupfen, Grippe, Scharlach, Diphtherie, Angina. Höchst selten kommt eine Tuberkulose oder eine Lues als Ursache dafür in Frage. Die Entzündungen entstehen mit Vorliebe auf der Seite, auf der durch Verbiegungen und Verschwellungen der Sekretabfluß behindert wird. Meist erkranken nur einzelne Höhlen, und zwar der Häufigkeit nach Kieferhöhle, Siebbein, Stirnhöhle und Keilbeinhöhle. Oft erstreckt sich die Entzündung jedoch gleichzeitig auf zwei oder mehrere Höhlen, bisweilen sind sämtliche Nebenhöhlen einer oder beider Seiten befallen (Pansinusitis).

3,11 Akute Stirnhöhlenentzündung

Akute Stirnhöhlenentzündungen treten abgesehen von komplizierten Vorderwandfrakturen fast ausschließlich nach rhinogenen Infekten auf. Da die Entzündung durch die Siebbeinzellen aufsteigt, sind

diese stets mehr oder weniger stark miterkrankt. Die Stirnschmerzen sind gewöhnlich wesentlich intensiver als bei Kieferhöhleneiterungen. Ebenso wie bei den Kieferhöhlenentzündungen gibt es auch hier serös-katarrhalische, eitrige und nekrotisierende Formen.

3,12 Chronische Stirnhöhlenentzündung

Sie entwickelt sich aus verschleppten Fällen von akuter Eiterung und äußert sich wie die chronische Kieferhöhleneiterung in eitrigem Schnupfen, Rachen- und Kehlkopfbeschwerden, jedoch öfter auch in zeitweise auftretenden Stirnkopfschmerzen.

2 Folgekrankheiten der Stirnhöhlenentzündung

3,21 Komplikationen von Seiten der Nebenhöhlen sind, im Gegensatz zu der Otitis media, selten. Am häufigsten ist der Durchbruch der Eiterung nach außen, wenn der Abfluß nach der Nase durch Schwellungen (akute Eiterungen) oder polypöse Hyperplasien (chronische Eiterungen) gestört ist. Er führt zu äußerer Periostitis und subperiostalem Abszeß (häufig in der Orbita) und kommt meistens bei Stirnhöhlen- und Siebbeineiterungen vor.

Osteomyelitis des Stirnbeins. Zu dieser kommt es gelegentlich bei akuten und chronischen Stirnhöhleneiterungen, manchmal erst nach vorausgegangener Operation. Die Erkrankung äußert sich zunächst nur in Periostschwellung und teiligem Ödem über dem Bereich der Stirnhöhlen. Sie ist gefährlich, weil sie schleichend in den Diploevenen des Knochens fortschreitet und sich schubweise über das ganze Schädeldach ausbreiten kann. Häufig schließen sich letal verlaufende thrombophlebitische Prozesse im Sinus longitudinalis mit Sepsis, Meningitis und Hirnabszeß an, wenn nicht frühzeitig der gesamte kranke

Knochen bis ins Gesunde abgetragen und ein Weiter-schreiten durch offene Wundbehandlung, Sulfonamide und Antibiotika vermieden wird.

3,22 Intrakranielle Komplikationen

Extraduralabszesse, Stirnhirnabszesse, Meningitis purulenta sind selten und entwickeln sich auf dem Gefäßwege oder nach Durchbruch der Eiterung durch die Hinterwand der Stirnhöhle sowie durch das Dach des Siebbeins oder im Anschluß an eine Osteomyelitis des Stirn- oder Keilbeins.

3,23 Orbitale Komplikationen

Außer der erwähnten Periostitis Orbitae kommt es seltener zum gefährlichen Orbitalabszeß mit Protrusio Bulbi und Chemosis. Als Folge kann eine Neuritis nervi optici, eine retrobulbäre Neuritis optica (zentrales Skotom, besonders für Farben) oder eine schleichend verlaufende Opticusatrophie auftreten.

3,3 Mukozelen

Diese gehen am häufigsten von den Stirnhöhlen und den Siebbeinzellen aus und bilden sich häufig dadurch, daß es nach einer früheren Operation oder einem Trauma (Schlag, Sturz) zu einem Verschuß des Ostiums der Höhlen und dann infolge der serös-schleimigen Sekretion der Schleimhaut allmählich zu einer zunehmenden Ektasie der Höhlen kommt. Für Oltersdorf kommt die Celenbildung nicht allein durch vermehrten Innendruck nach Verschuß der Ostien zustande, sondern sie stellt nur ein Symptom dar, das verschiedenen Ursachen hat:

1. endogene: eine in der Schleimhauthyperplasie steckende Wachstumspotenz des lockeren Bindegewebes,
2. exogene: verschieden starke, lang andauernde Reize in mannigfacher Form.

Er beschreibt einige Fälle von Mukozelen, bei denen eine chronische Entzündung im Vordergrund steht. In einem Fall von Pneumatocoele zeigte die hyperplastische Schleimhaut nur eine geringe Ödembildung, die wahrscheinlich durch Unterdruck in der Höhle zustandekommt. Der auf die Schleimhaut einwirkende nicht sehr starke Reiz ist demnach kein bakteriell-entzündlicher, wohl aber ein physikalisch hydrostatistischer. Einen weiteren auslösenden Reiz, der das knochenumbauende Mesenchym aktiviert, sieht er in Störungen der Blutzirkulation.

3,4 Geschwülste

Von den Neoplasmen der Nasennebenhöhlen sind die röntgenologisch diagnostizierbaren Osteome der Stirnhöhlen und des Siebbeines hervorzuheben. Sie wachsen langsam expansiv und bewirken durch Druck und Verdrängung Komplikationen im Bereich der Nachbarschaft. Stirnhöhlen- und Siebbeingeschwülste können sich nach beiden Seiten hin entwickeln. Primäre Sarkome und Karzinome sind selten.

Gefäßversorgung des Stirnhöhlenareals

(nach Zuckerkanal und Langer)

- 4,1 In Bezug auf das Gefäßsystem verhalten sich die pneumatischen Anhänge ganz ähnlich wie die Nasenschleimhaut. Das arterielle Hauptgefäß der Nasenhöhle (die A. sphenopalatina) wird daher also auch die Gebilde der pneumatischen Räume ernähren, und die Venen derselben werden zu den Venen der Nasenschleimhaut zurückkehren.

Die Stirnhöhle erhält neben arteriellen Zweigen aus der A. sphenopalatina auch noch solche aus den Zweigen der A. ophthalmica. -

Die A. sphenopalatina geht aus dem in der Flügelgaumengrube gelegenen Endstücke der A. maxillaris hervor, beugt sich zu dem Foramen sphenopalatinum und teilt sich schon vor demselben in zwei Äste, die A. nasalis post. und die A. naso-palatina. Die Endäste beider bilden ein vielfach verzweigtes Netz, das eine Reihe von Zweigen gegen das Siebbeinlabyrinth und die Stirnhöhle abgibt.

- 4,11 Die für die arterielle Versorgung im Stirnhöhlen-Areal wichtigen Zweige und Endäste der A. ophthalmica, die ja aus der A. carotis interna stammt (nach Rauber-Kopsch):

Die A. frontalis lateralis (supraorbitalis) verläuft auf dem M. levator palpebrae superioris dicht unter dem Dach der Orbita und unter der Periorbita nach vorne zum Foramen oder zur Incisura front. lat. Sie sendet einen Zweig in das Stirnbein und verzweigt sich jenseits der Orbita in aufsteigender Richtung weit über dem oberen Augenhöhlenrande. Sie versorgt den M. orbicularis oculi sowie den M. frontalis und anastomosiert mit dem Ramus frontalis der A. temporalis superficialis.

Aa. ethmoideae: Siebbeinarterien sind jederseits meist zwei vorhanden, eine hintere und eine vordere. Die schwächere hintere, A. ethmoidea post. dringt durch den Canalis orbito-ethmoideus (C. ethmoideus post) besonders zu den Siebbeinzellen, meist auch noch mit kleineren Zweigen zur Nasenscheidewand und zur harten Hirnhaut. Die stärkere vordere, A. ethmoidea ant., tritt durch den Canalis orbito-cranialis (ethmoideus ant.) in die Schädelhöhle, gibt in der vorderen Schädelgrube die A. meningea frontalis (ant.) ab und gelangt von hier durch ein vorderes Loch der Lamina cribriformis zur Nasenhöhle, wo sie mit lateralen und medialen Endzweigen teils an die Seitenwand, teils an die Scheidewand gelangt, sich hier verästelt und mit dem Aa. nasales post. Verbindungen hat. Nasale Zweige von ihr versorgen auch die mittleren und vorderen Siebbeinzellen und den Sinus frontalis.

Die A. frontalis med., aufsteigender Endast der A. ophthalmica sup. zieht durch das Foramen front. med., bzw. die Incisura front. med. zur Stirn und verzweigt sich mit oberflächlichen und tiefen Ästen; medial verbinden sich diese mit den symmetrischen Arterien, lateral mit entgegenkommenden Zweigen der A. front. lat. und der A. temporalis superficialis. Die Äste obiger Arterien, die in die Auskleidung der Nebennasenhöhlen (NNA) bzw. der Stirnhöhlen eindringen und der Schleimhaut oberflächlich zusteuern, geben für die periostale Schicht der Auskleidung eine Reihe von Zweigen ab, die dort ein zartes, gestreckt verlaufendes und weitmaschiges Kapillarnetz formieren.

- 4,12 Wichtig sind weiterhin die arteriellen Gefäße der Dura mater und des Schädelsknochens, einmal die Endäste der A. meningea media, die durch das Foramen

spinosum in die Schädelhöhle tritt und die oben schon erwähnte A. meningea anterior, die ein umschriebenes Gebiet der Dura mater an der Rückfläche der Stirnhöhle und am vorderen Ansatz der Falx cerebri versorgt.

Von den Endzweigen dieser Arterien gehen zunächst Aa. perforantes (Hyrtl) ab, die in den Knochen eindringen. Diese haben nebst Venen noch ein ganzes Bündel von feineren Zweigen an ihrer Seite. Die letzteren sind teils Raminifikationen der größeren Arterie, teils Ausläufer der arteriösen Meningealplexus. Es hat den Anschein, als ob die größere Arterie ein Ramus perforans, die kleineren aber dazu bestimmt wären, sich im Knochen aufzulösen. In den Knochenkanälen der kompakten Tafeln (also auch im Stirnbein) verzweigen sich diese Arterien. Ganz feine arterielle Ausläufer gehen dann gleich über in größere Venen oder bilden einen vorkapillaren Plexus, der sämtliche Kanäle durchzieht. (Neben den großen Diploevenen kaum sichtbar). Von den Bestandteilen dieses Netzes gehen in die Markräume der Diploe Endzweige ab, welche in den Marknetzen endigen. (Nach Langer).

Nach Zuckerkanal gehen die venösen Anteile der Kapillaren in größere Gefäße und diese in ein dichtes, tiefliegendes Geflecht von verhältnismässig starken Einzelvenen über. - Ein Teil des venösen Blutstromes der Stirnhöhle ist gegen die Nase gerichtet. Ein anderer Teil fließt über Knochenvenen ab, die mit dem Venennetz der periostalen Schicht der Sinusauskleidung anastomosieren, und die durch Vermittlung des Diploevenensystemes (siehe unten) mit den Gefäßen des äußeren Periostes (vordere Platte des Sinus frontalis) bzw. mit denen der Dura mater (hintere Platte der Stirnhöhle) in Verbindung stehen.

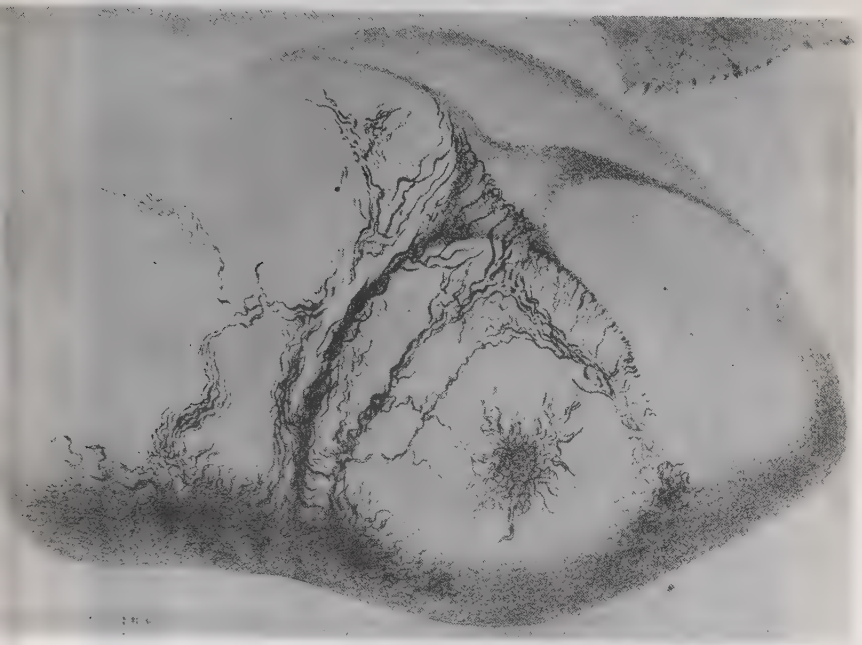
4.21 Das Diploesystem und seine Entwicklung im Stirnhöhlen-Areal (nach Langer)

Alle marklosen, kleineren Kanäle und Räume in den platten Schädelknochen (Os parietale, occipitale und frontale) enthalten Blutgefäße, eine dickere Vene und ein oder zwei weitaus dünnere Arterien, werden aber von diesen nicht vollständig ausgefüllt. In allen größeren Räumen aber, worin Mark enthalten ist, das dem in Spongiosa eingebetteten Mark anderer Knochen entspricht, findet sich ein aus dickeren Gefäßen dargestelltes Netz, welches die Markmasse nach allen Richtungen durchsetzt, bzw. die Markzellen gruppenweise in seine Maschenräume einschließt. Dieses Netz ist ein venöses Netz. Von den Bestandteilen dieses Netzes gehen in die Markräume Endzweige ab, welche in dem Marknetzen endigen.

Die aus dem beschriebenen Marknetze hervorkommenden Venenstämmchen 1. Ordnung bilden sich in einer Astfolge, welche Ähnlichkeit hat mit der Anordnung der Zinken an einem Hirschgeweih, indem stets nur dicke, dabei kurze Zweige zusammentreten, was zur Folge hat, daß das rückkehrende Blut alsbald in weitere Röhren gelangt. Diese durchsetzen bald eigene gleichweite Kanäle, bald auch solche Räume, die Mark enthalten, nehmen aber dann innerhalb dieser wieder in kurzer Astfolge Wurzelzweige aus dem Marknetz auf. Sie treten alsbald wieder zusammen und stellen jenes, die Diploe nach allen Richtungen durchziehende Netz dar, welches als diploetisches Venennetz bezeichnet wird. Das Fassungsvermögen des diploetischen Venensystemes ist "ein wahrhaft kolossales" an und für sich schon, noch mehr aber im Vergleich mit jenem des arteriellen Systems.

Langer beobachtete die Gefäßanlage in den platten Schädelknochen des Neugeborenen:

Beim Neugeborenen findet sich nur im Tuber parietale und frontale eine Diploe mit einem rundmaschigen, diploetischen Venennetze. Von da gehen radiäre, dichotomisch sich vervielfältigende und unter einander anastomosierende Kanäle aus (Abb. 5). In diesen ist je eine feine Arterie und eine größere Vene und ein um diese Vene sich reihendes Venennetz enthalten. Diese Netzstränge breiten sich flächenartig in der innersten, osteoblastischen Schicht des Pericraniums aus. Die Abzugkanäle der Venen des kindlichen Schädelknochens wurzeln teils in der Diploe der Tubera, teils in der Peripherie in den Mahträndern des Os frontale bzw. parietale. Die Abzugsplexus liegen beim Neugeborenen im Os parietale noch frei, nur in Rinnen des Knochens eingelagert, an der inneren Fläche desselben, werden aber bald nach der Geburt von Knochensubstanz umlagert und so in Kanäle eingeschlossen. - Beim Stirnbein erleidet aber die Gefäßanlage bereits eine Modifikation, und zwar in Folge einer Gestaltung, seiner Abknickung am Jochfortsatz, worin sich bereits Spongiosa befindet, welche sich an dem Orbitalrande entlang bis gegen die Stirnnaht fortzieht. Hier ist bereits ein größerer, in einen Knochenkanal aufgenommener Venenstamm zu finden, der seine Wurzeln auch in der dünnen Spongiosa des Tuber frontale, aber auch an den von der Stirnfontanelle und der Stirnnaht abgehenden radiären Kanälchen faßt. Dieses Stämmchen repräsentiert also schon eine im Foramen supraorbitale anstretende Dreschet'sche Vene ! (Abb. 6).



5

Ansicht der venös injizierten Calvaria eines kaum mehr als 9 Monate alten Kindes, um daran größere Venenzüge zu demonstrieren, welche sich entsprechend den Vergrößerungslinien der Knochen, insbesondere am Stirnbein gelegentlich entwickeln.

(Aus Langer, K.: Über die Blutgefäße der Knochen des Schädeldaches und der harten Hirnhaut. Denkschr. Kaiser. Akad. Wiss. Wien math. naturwiss. Kl 37, 217-240 (1877).



Abb. 6

Venös injiziertes linkes Stirnbein eines
Neugeborenen mit einer Breschet'schen Vene.
(Aus Langer, K., loc. cit. wie Abb. 5).

Bisweilen findet sich auch das eine oder andere Stämmchen an der Kranznaht, welches in die Sphenoparietale Vene übergeht. - Diese Breschet'sche Vene, die konstant am Margo supraorbitalis mündet, ist Langer ein Beispiel dafür, daß die Anordnung der Diploevenen auch schon beim Kinde präformiert ist. "

Nach dem oben Gesagten begründet die Gefäßanlage in den Knochen der Calvaria ganz beträchtliche Altersunterschiede, welche parallel gehen mit Verschiedenheiten in der Architektur des Knochens. Dieser Prozeß dauert allerdings nicht lange, da bald nach der Geburt des Kindes der Prozeß beginnt, wodurch die infantile Form in die definitive übergeführt wird. Die Aufgabe dieses Prozesses besteht in der Ausbildung der Diploe und der Breschet'schen Venen unter Umgestaltung des Venensystemes und der radiären Kanäle. Die ersten Veränderungen, womit dieser Prozeß der Umbildung eingeleitet wird, bestehen in der Umbildung aller jener Venenstämmchen, welche bisher außerhalb des Knochens lagen, insbesondere jener von seiner inneren Oberfläche für das Innere desselben. Es geschieht dies durch Auflagerung neuer Lamellen. Statt der in der Gegend der Tubera früher befindlichen größeren Lücken sind dann nur mehr feine Poren wahrnehmbar, Kommunikationsöffnungen für Verbindungen mit den Gefäßen der Dura. Unter folgenden Umständen dürfte diese Entwicklung im 5. Lebensjahr zum Abschluß kommen: durch den vollen Verschuß der Fontanellen, herbeigeführt durch ein gesteigertes Wachstum in die Breite, dann durch die Konsolidierung der zackigen Nähte, bedingt durch das Wachstum des Kopfes in die Dicke.

4,22 Zuckerkanal klärte die Lage-Beziehungen der venösen Abflüsse des Stirnhöhlenareales weitgehend durch Farbstoff-Injektionen in den vorderen Teil des oberen Längsblutleiters.

Dabei stellte er fest, daß letzterer im vordersten Bereich mit der Abnahme aller seiner Durchmesser auch den Charakter eines Sinus ablegt und dafür den einer gewöhnlichen Vene annimmt. Von vorn her verfolgt erhält der obere Sichelblutleiter den Charakter eines Sinus erst mit der Einmündung einer verhältnismässig stärkeren Vene des Orbitallappens, die oft schon knapp über der Crista Galli einmündet, und von der ein Nebenast entweder direkt durch die Siebbeinplatte oder über das Venengeflecht des Tractus olfactorius in die Vena ethmoidalis ant. einmündet.

Weiter füllten sich vom Sinus sagittalis superior aus: die Venen des Stirnbeins und teilweise die Venen der Auskleidung des Sinus frontalis durch eine große Menge von feinen in den Sichelblutleiter einmündenden Knochenvenen; die Venen der Weichteile und Knochen der äusseren Nase nur, wenn es sich um ein Kind (zumal um einen Neugeborenen) handelte. Die Nasenschleimhaut füllte sich durch die Verbindung des vorderen Sinusteiles mit den Ethmoidalvenen oder über den Umweg der oben schon erwähnten Orbitallappenvene. - Außer über die Knochenvenen wurde auch eine Verbindung über die sich im vordersten bindegewebigen Teil des oberen Längsblutleiters befindlichen Venen durch Spalten der hinteren Stirnhöhlenwand mit der Stirnhöhlenschleimhaut bemerkt.

Die eben erwähnten Ethmoidalvenen, die V. ethmoidalis anterior, die die V. meningea ant. aufnimmt, und die V. ethmoidalis posterior, aus der Nasenhöhle her aufsteigend, münden durch das Foramen ethmoidale ant. et post. an der medialen Wand der Orbita in die zum Sinus cavernosus ziehende V. ophthalmica superior. Diese geht am medialen Augenwinkel aus einem venösen Netz hervor, das mit den oberflächlichen Nasenvenen, dem Plexus pterygoideus und über die V. angularis wiederum mit der Vena frontalis und der V. supraorbitalis (V. front. lat.) in Verbindung steht. Damit wird eine praktisch außerordentlich wichtige Anastomose gebildet, welche als Entlastungsweg bei Rückstauungen in den Orbitalvenen und dem Sinus cavernosus benützt wird. - Die Vena frontalis (V. iracundiae oder V. praeparata), eine nahe der Mittellinie gelegene, häufig unpaare Hautvene nimmt Verbindung auf mit der V. supraorbitalis (front. lat.), mit Venen der Schläfe (V. temporalis superficialis) und mit der gleichnamigen der anderen Seite. Außerdem kommuniziert sie an der Incisura supraorbitalis oder lateral davon über die V. diploica anterior mit dem Diploevenennetz und gewinnt so Anschluß an die Gefäße der harten Hirnhaut und über die lateralen Lacunen an den oberen Längsblutleiter.

4, 23

Große Ähnlichkeit mit der in die Incisura supraorbitalis mündenden frontalen Diploevene hat ein manchmal vorkommendes Emissarium frontale. Es ist dies ein bis zu 4 cm langer Knochenkanal, der eine Vene beherbergt, welche das ventrale Ende des Sinus sagittalis superior direkt durch sämtliche drei Schichten des unteren Stirnbeindrittels hindurch mit dem extrakraniellen Venen der Orbita verbindet. (Calori, Lindblom, Süsse, Techini).

Nach Süsse und Süsse ist dieses Emissarium aus dem oben näher beschriebenen Venenstämmchen des kindlichen oder embryonalen Os frontale hervorgegangen, welches sich in der Funktion besonderer hydrodynamischer Beanspruchung zum Emissarium entwickelt hat.

Zusammenfassung (Kapitel 4)

4,3 Das Stirnhöhlenareal wird arteriell versorgt:

erstens von der A. carotis interna, bzw. der Arteria ophthalmica her, und zwar über die Arteria ethmoidalis ant.; die A. front. med. und lat.; zweitens von der A. carotis ext. her über die A. maxillaris, bzw. die Endäste der A. sphenopalatina und über die A. meningea media.

Die venösen Gefäße kommunizieren zunächst mit den Diploevenen (V. diploica ant.), wobei die Diploe in der Stirnhöhlenvorderwand besonders grobmaschig und weiträumig ist (Merkel). Im Foramen supraorbitale mündet eine Breschet'sche Vene des Emissarium frontale, die schon beim Neugeborenen präformiert ist, in die V. front. lat. (supraorbitalis). Diese wiederum hat Verbindungen zur V. front. med. und zu temporalen Venen. An der hinteren Stirnhöhlenwand gibt es zahlreiche Knochenvenen, die zum Sichelblutleiter ziehen und auch mit den Ethmoidalvenen kommunizieren.

5 Durchblutungs- und Druckverhältnisse im Hirnschädel

5,1 Arterielle Versorgung

Seine arterielle Versorgung erhält der Hirnschädel zu beiden Seiten über die A. carotis communis und die A. vertebralis. Erstere teilt sich innerhalb der Schädelbasis in zwei Stämme: von der A. carotis externa werden der Gesichtsschädel und die Schädelkapsel mit der Dura mater, den Schädelknochen und den äußeren Weichteilen, von der A. carotis interna große Teile des Hirns und zugleich über die A. ophthalmica auch frontale Teile der Schädelkapsel versorgt.

5,11 Versuche (Drosselung und Unterbindung der Carotiden)

M. und D. Schneider konnten in Fortführung der Untersuchung von Rein experimentell nachweisen, daß nach Drosselung der Carotis communis oder ihres externen oder internen Astes eine vikariierende, nach Brobeil druckpassive Mehrdurchblutung der Arterien sowohl auf der Gegenseite als auch der nichtgedrosselten Arterie auf der gleichen Seite zustande kommt. Hinsichtlich der Durchblutungsverhältnisse der Schädelkapsel ist daraus zu entnehmen, daß auch auf der gleichen Seite zwischen der vorzugsweise das Hirn versorgenden Carotis interna und der die Schädelkapsel versorgenden Carotis externa bestimmte, voneinander abhängige Relationen bestehen (Süsse). - Eine Unterbindung der A. carotis interna dagegen wird trotz der günstigen Anastomosenbildung an der Schädelbasis nur in 50 % der Fälle vertragen (Benninghoff). Der hohe und konstante Blut- und Sauerstoffbedarf des Gehirns mit den Ganglienzellen ist auch durch die Wiederherstellung eines Kollateralkreislaufs nur schwer ausreichend zu befriedigen. Eine länger als drei Minuten dauernde Unterbindung der Blutzirkulation führt zu bleibenden Veränderungen am Gehirn.

Schon nach 4-7 Sekunden tritt Bewußtlosigkeit auf. Bei plötzlicher Erhöhung des Schädelinnendruckes steigt der arterielle Blutdruck reflektorisch, wodurch das Druckgefälle zu den komprimierten Venen wieder hergestellt wird. Gleichzeitig verlangsamt sich die Pulsfrequenz. Beide Erscheinungen sind die wichtigsten Symptome eines gesteigerten Hirndrucks.

5,12 Die Arteria carotis interna

Die A. carotis interna tritt durch das Foramen caroticum und den gleichnamigen Kanal des Felsenbeins in den Schädelraum. Beim Eintritt in den Kanal und beim Austritt führt die Arterie je eine Krümmung aus. Dann liegt sie zur Seite des Keilbeinkörpers im Sulcus caroticus, vom Sinus cavernosus umschlossen. Auch auf dieser Strecke ist sie gebogen und verläuft nach vorn, um durch den Canalis opticus die A. ophthalmica abzugeben. Dabei krümmt sie sich nach aufwärts und wendet sich der Hirnbasis zu, um die Gehirnnäste zu entsenden.

5,13 Die Arteria ophthalmica und die orbitalen Arterien

Die A. ophthalmica versorgt mit ihren Zweigen, die durch die Orbita ziehen, die Weichteile der Nase und Stirn (siehe 4,11). Diese Äste anastomosieren hier sowohl untereinander als auch mit Zweigen der Carotis externa (A. angularis, A. facialis, ramus frontalis der A. temporalis superficialis). Die orbitalen Arterien stellen auf diese Weise die hämodynamisch wichtige Verbindung zwischen den Systemen der A. carotis externa und interna her, über welche sich bei einem Verschuß der Carotis interna von den Gesichtsarterien her ein Umgehungskreislauf zum Stromgebiet der Carotis interna ent-

wickeln und dessen Durchblutung übernehmen kann.
- Auch der frontale Teil der Schädelkapsel wird von Ästen der A. ophthalmica versorgt (siehe 4,11).

5,14 Die Arteria carotis externa

Die arterielle Versorgung der übrigen Schädelkapsel erfolgt über Arterien, die aus der A. carotis ext. stammen.

Für die funktionell-dynamische Betrachtung dürfte es den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen, wenn man ihre verschiedenen Gefäßgebiete zusammenfaßt und zwei große arterielle Netze unterscheidet, von denen sich das eine auf der Außenfläche, das andere auf der Innenfläche des Schädelknochens ausbreitet, sodaß beide auf diese Weise die Knochenkapsel zwischen sich fassen (Süsse). Äußeres und inneres Netz sind hydrodynamisch durch die *Diploë* verbunden. Die funktionellen Bedingungen der zwei Netze, vor allem auch die ihrer venösen Rückflüsse, unterscheiden sich, indem das innere, durale Netz unmittelbar im Wirkungsbereich des endokraniellen Druckes liegt. Es entsteht daher die Frage nach den Zusammenhängen zwischen den intrakraniellen Druckverhältnissen und der Architektur der Kalotte. Erhöhter Hirndruck z.B. drückt nicht allein gegen die *Tabulae internae*, sondern preßt dabei auch die duralen Gefäße gegen die Schädelknochen und dürfte damit ganz wesentlich in die Durchblutungs- und Ernährungsverhältnisse der Dura und Kalotte eingreifen (Süsse).

5,141 Äußeres Netz (extrakranielle Arterien)

Das äußere Netz (die A. temporalis superficialis, die A. temporalis profunda ant. et post., die A. auricularis post., die A. occipitalis, dazu noch aus der Carotis interna die A. frontalis med. und lat. sive supraorbitalis) versorgt reichlich anastomosierend die Kopfschwarte und ihre Muskeln, die Galea und das äussere Periost der Knochen und sendet Gefäße in die Schädelknochen.

5,142 Inneres Netz (Arteriae meningeae)

Über das innere Netz (A. meningeae media, A. meningeae ant. aus der A. ethmoidalis, Rami meningei der A. pharyngea ascendens, der A. occipitalis und der A. vertebralis) erfolgt die arterielle Versorgung der Dura mater - des inneren Periostes der Schädelknochen - und offenbar zu größten Teilen die der Kalottenknochen selbst. Das wichtigste Gefäß ist die A. meningeae media, die durch das Foramen spinosum durch die Schädelbasis tritt und sich dann in einen vorderen, mittleren und hinteren Ast aufspaltet. Diese verzweigen sich, vielfach anastomosierend in den zwei Lagern der Dura mater: in der inneren Schicht bilden sie ein Kapillarnetz, während die dünnwandigen Gefäße der äusseren Schicht zahlreiche Ästchen in die Schädelknochen abgeben (4,12).

Eine breite Anastomose besteht zwischen dem vorderen Teil der A. meningeae media und der A. ophthalmica durch die Fissura orbitalis superior oder einen kleinen Knochenkanal hindurch.

Aus den Knochen fließt das Blut z.T. durch die Lamina interna zu duralen Venen oder den Sinus der Dura mater, z.T. fließt es über die Diploevenen ab.

5,15 Der Circulus arteriosus Willisi

5,151 Anatomie

Die beiden das Gehirn versorgenden großen Arterien, die den Circulus Willisi bilden, sind beiderseits die A. carotis interna und beide Aa. vertebrales. Beide geben keine Seitenäste ab, bevor sie an die Hirnbasis herantreten. Um dorthin zu gelangen, müssen sie durch die Dura und die mit ihr eng verbundene Arachnoidea hindruchtreten. Die in den Quer-

fortsätzen der Halswirbel aufsteigende A. vertebralis wendet sich um den Atlasbogen herum, zieht dann medianwärts und durchbricht die Membrana atlanto-occipitalis. Die A. carotis int. durchsetzt die Dura am Processus clinoideus ant. des Os sphenoidale nach einem langen extraduralen Verlauf innerhalb des Schädels. Dabei liegt sie innerhalb des Sinus cavernosus und bildet in ihrem Verlauf eine scharfe, zunächst nach dorsal und dann nach ventral schwingende Kurve, den Siphon. Der Circulus arteriosus cerebri wird dann von beiden zur A. basilaris vereinigten Aa. vertebrales mit den Carotiden gebildet.

5,152 Funktion

Der Circulus Willisi liegt, wie alle an das Gehirn herantretenden Gefäße, innerhalb des subarachnoidalen Raumes. Das heißt, daß sie vom Liquor cerebrospinalis umspült sind, der eine Art Druckpolster um sie bildet. Nach Benninghoff ist diese Tatsache bedeutungsvoll für die Regulierung des Blutdruckes, der innerhalb des Schädels konstant auf einem sehr viel höheren Niveau gehalten wird als in irgendeinem anderen Organ. Das ist deshalb möglich, weil neben den beiden Einflußöffnungen auf jeder Seite auch nur zwei Auslaßöffnungen für das Blut vorhanden sind. Der venöse Abfluß erfolgt also zu größten Teilen durch das Foramen jugulare auf jeder Seite. Der sich an sie anschließende Bulbus Venae jugularis superioris ist eine Einrichtung zur Drosselung des Blutstromes (v. Kügelen), sodaß die Blutmenge innerhalb des Gehirns konstant erhalten werden kann.

Im Circulus arteriosus liegt ein Mechanismus vor, der dauernd, nicht etwa nur bei pathologischen Zuständen als Notventil, einen sofortigen Druck-

ausgleich zwischen den einzelnen Stromgebieten gestattet. Die Tatsache der Existenz dieses Druckausgleichweges unterstreicht die Bedeutung des im physiologischen Bereich rein druckpassiv regulierten Hirnkreislaufs mit seiner Grundforderung der seitengleichen Druck- und Blutverteilung (Weickmann).

2 Die Sinus durae matris

Als Hauptabflußleiter des Gehirns sind besondere Gefäßstrecken, die Sinus durae matris, entwickelt, die sonst an keiner anderen Stelle des Körpers vorkommen. Ihre Topographie geht aus den Abb. 7 und 8 hervor. Sie vermitteln den Zusammenhang der Venen der Schädelhöhle mit den äußeren Venen. Die zwischen die Durablätter eingeschlossenen Kanäle werden in ihrem Lumen von einer sehr zarten Fortsetzung der Intima, in der vereinzelt glatte Muskelfasern vorkommen, von einer einfachen elastischen Längsfaserschicht und einem Epithel ausgekleidet. Im übrigen wird die Wand der Kanäle allein von dem an elastischen Fasern auffallend armen Bindegewebe der fibrösen Hirnhaut gebildet. Die Sinus sind klappenlos, einzelne derselben aber, der Sinus sagittalis superior, der Sinus cavernosus und zuweilen der Plexus basilaris, sind von Bälkchen netzförmig durchzogen, die in dem Sinus sagittalis superior ein festes sehniges Gefüge, in den beiden anderen eine weiche Konsistenz und rötliche Farbe haben. (Henle). Von den Bälkchen des Sinus cavernosus und von den Wänden desselben ragen klobige, zottenähnliche Vegetationen von etwa 2 mm Länge in die Höhle des Sinus (Hyrtil). Die Sinus liegen in der Regel an den oberflächlichen Einschnitten der großen Hirnabteilungen, sie füllen also Lücken in der Schädelhöhle aus und haben dabei z.T. einen dreiseitigen Querschnitt. Das Blut aller Sinus fließt zum Foramen jugulare, wo es vom Bulbus venae jugularis superioris aufgenommen wird. Die Sinus sind allgemein starrwandig und nicht dehnbar, sie müssen daher stets das gleiche Volumen besitzen. Ein erhöhter Zufluß muß somit durch eine Beschleunigung des Blutstromes bewältigt werden.

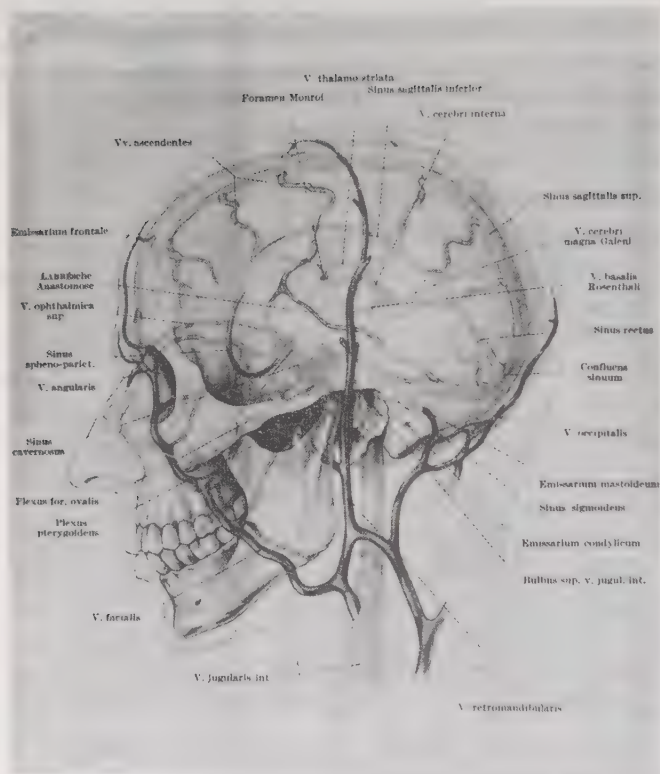


Abb. 7

Die venösen Sinus der Dura, die Vv. cerebri internae und externae und deren Verbindungen mit den extrakranialen Venen. Die Profilansicht ist mit einem lateralen Phlebo-gramm direkt vergleichbar (Aus Ferner, H. und Kautzky, R.: Angewandte Anatomie des Gehirns und seiner Hüllen. Im Handbuch der Neurochirurgie Bd. I/1 Springer-Verlag 1959).

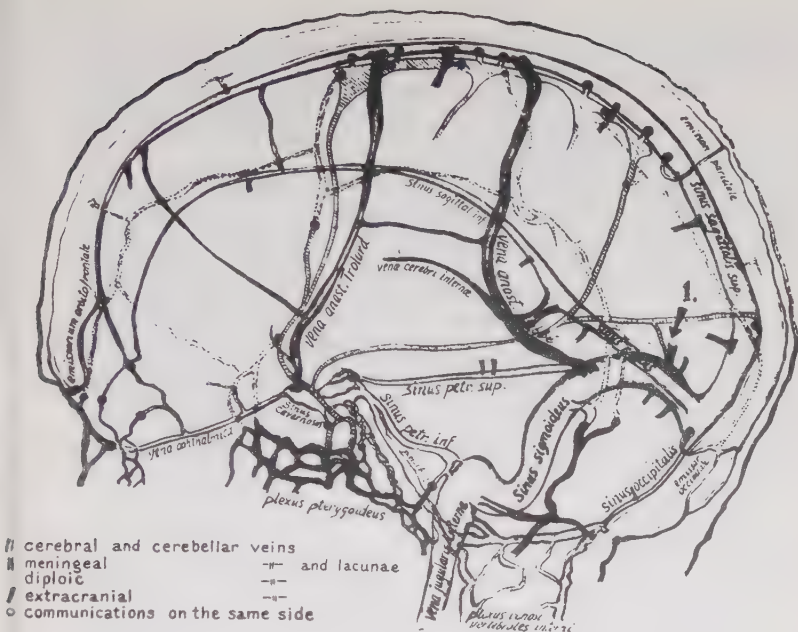


Abb. 8

Diagramm der Venen und venösen Sinus des Schädels und ihrer Verbindungen. Das venöse System des Gehörapparates wird nicht dargestellt (Aus Lindblom, K.: A roentgenographic study of the vascular channels of the skull. Acta radiol. (Stockholm) Suppl. 30, 1-146 (1936)).

Sie finden sich an Stelle großer Venen, führen aber keine Volumenschwankungen aus und können daher auch nicht durch eine pralle Schwellung örtliche Kompressionserscheinungen am Gehirn erzeugen (Benningshoff).

Im Nebenschluß zu den Sinus und z.T. ihr Blut an sie abgebend, liegen die venösen Ableitungen der Dura und der Schädelknochen. Diese drei Systeme stehen somit untereinander wie auch mit äußeren Weichteilvenen in Verbindung, so daß ein vielfältig verknüpftcs Netz venöser Abflußwege vorliegt, dessen Hydrodynamik wesentlich auch davon bestimmt wird, daß die Arterien, mit ihrem von der Herzpumpe stammenden Druck, das Gehirn, die Liquorräume, die Venen und Sinus in eine starre, knöcherne Kapsel eingeschlossen sind (Süsse).

5,3 Die frontalen Hirnvenen

Der venöse Abfluß aus dem Gehirn unterscheidet sich von dem anderer Organe dadurch, daß die Hauptmasse der Hirnvenen nicht parallel zu den Arterien verläuft. Die von der Basis gegen die Konvexität strebenden Arterien des Gehirns haben nur rückläufige Begleitvenen. Die Hauptmasse der corticalen Venen sammelt sich vielmehr in entgegengesetzter Richtung an der Konvexität und mündet in die Blutleiter der harten Hirnhaut ein. Vorher durchbohren sie wiederum die arachnoidale Außenschicht und werden kurz vor ihrem Eintritt in den Sinus oft in der Dura eingeschlossen. Auch die inneren Hirnvenen nehmen eigene, vom Arterienverlauf getrennte Wege.

5,31 Die äusseren Hirnvenen

Die äusseren Hirnvenen sammeln sich aus vielen Netzen, liegen dann im Balkenwerk des Subarachnoidalraumes eingebettet und entstehen durch Zusammenfluß an der konvexen, basalen und medialen Fläche der Hemisphären. Sie streben in 3 Gruppen dem Sinus sagittalis superior, dem Sinus sphenoparietalis und dem Sinus transversus zu.

Bei einer Beschreibung der äußeren Hirnvenen muß man sich vor Augen halten, daß ihre Variabilität nach Lage und Kaliber sehr ausgesprochen ist.

In den Sinus sagittalis superior ergießen sich gewöhnlich jederseits 10 - 12 Venenstämme, deren Kaliber von vorn nach hinten zunimmt (Vv. ascendentes). Die zweite Gruppe von äußeren Großhirnvenen sind die Vv. occipitales und Vv. temporales externae. Sie münden von den konvexen und basalen Flächen der entsprechenden Hirnteile in den Sinus petrosus superior und in den Sinus transversus ein. Für die 3. Venengruppe aus dem Gebiet der Fissura cerebri lateralis findet sich am basalen Beginn der Sylvischen Furche eine Sammelstelle. Die Vv. sphenoparietales münden in den gleichnamigen Sinus ein (Ferner-Kautzky), so daß das Blut dieser Region in den Sinus cavernosus abgeleitet wird. Eine Vene, die V. cerebri media superficialis aus dem Rindengebiet der Sylvischen Furche mündet nach Ferner-Kautzky direkt in den Sinus cavernosus oder in den Sinus sphenoparietalis ein. Testut und Latarjet sprechen von einer "veine sylvienne superficielle", die, am hinteren Rand des kleinen Keilbeinflügels entlangziehend, bald den Charakter eines Sinus annimmt und in das vordere Ende des Sinus cavernosus mündet. - Eine besonders starke Vena ascendens stellt die Vena centralis Rolandi dar, die im Sulcus centralis verläuft und am Scheitel in den Sinus sagittalis superior mündet. Am unteren Rande des Sulcus centralis ist sie entlang der Fissura Sylvii nach basal und rostral durch eine vertikale Anastomose, die V. anastomotica Trolard mit dem Sinus sphenoparietalis, bzw. dem Sinus cavernosus verbunden. Nach Weickmann ist die Trolardsche Vene bei der Beurteilung von Phlebogrammen meist gleichbedeutend mit der Vena Rolandi und stellt die größte der zum Sinus longitudinalis aufsteigenden Venen dar. Eine andere große horizontale Anastomose, die Labbésche Vene, stellt eine Verbindung der Sylvischen Venengruppe nach hinten über den Schläfenlappen zum Sinus

transversus dar.

5,32 Die inneren Hirnvenen

Die inneren Venen des Vorderhirns weisen im Gegensatz zu den äusseren eine bemerkenswerte Konstanz ihrer Hauptstämme auf. Die wichtigste dieser Venen ist die V. cerebri interna. Sie bildet sich paarig im leptomeningealen Dach des 3. Ventrikels in der Nähe des Foramen interventrikuläre Monroi und sammelt das Blut aus dem Markmantel des Endhirns und aus den Kerngebieten des End- und Zwischenhirns. Die Venen beider Seiten verlaufen dicht neben- oder übereinander unter dem medialen Fornixrand nach hinten und vereinigen sich über der Epiphysenspitze zur V. cerebri Galeni. Diese wendet sich bogenförmig nach aufwärts und mündet spitzwinklig gegen den Strom in den Sinus sagittalis inferior ein, der an dieser Stelle in den Sinus rectus übergeht.

Die V. magna Galeni oder das Endstück der V. cerebri interna nimmt nahe der Epiphyse beiderseits die starke V. basalis Rosenthali auf. Den stärksten Zufluß erhält die V. basalis durch die V. cerebri anterior, welche das Blut von der medialen Hemisphärenfläche über dem Balken sammelt. Um das Balkenknie herum erreicht sie die Hirnbasis, wo die Venen beider Seiten vor dem Chiasma manchmal durch einen queren Ast verbunden sind. Seitlich vom Chiasma vereinigt sie sich mit der V. cerebri media profunda aus der Tiefe der Sylvischen Furche. Die V. cerebri media profunda kann allerdings auch im Sinus speno-parietalis oder Sinus cavernosus enden. Diese tiefe Vene hat Anastomosen mit der V. cerebri media superficialis und gewinnt so Anschluß an die äusseren Hirnvenen.

Weitere Anastomosen zwischen inneren und äusseren Hirnvenen dürften an der medialen Hemisphärenfläche über dem Balken durch Verbindungen von Ästen der

V. cerebri anterior mit den aus dieser Region zum oberen Längsblutleiter ziehenden Venen bestehen.

Der Sinus cavernosus

5,41 Der wichtigste der basalen Sinus ist der um die Sella sich ausbreitende Sinus cavernosus. Er zeichnet sich durch eine Reihe von Besonderheiten aus, welche ihn von allen anderen Blutleitern unterscheiden. Zu beiden Seiten der Hypophyse und am seitlichen Abfall des Türkensattels breitet er sich an der Schädelbasis aus und sammelt das Blut aus den rostralen Hirnteilen und aus der Orbita. Er grenzt auf beiden Seiten nach außen an die Innenfläche des Lobus temporalis cerebri, nach innen an die Hypophyse, nach oben an die Basis cerebri und nach unten an den Keilbeinkörper. Er beginnt an der Fissura orbitalis superior und endet in Höhe der Processus clinoidei post.. Seine Lichtung wird nach allen Seiten von zahlreichen Bindegewebssepten durchsetzt, welche das Lumen stark zerklüften. Mitten durch die Lichtung verlaufen die A. carotis int., der N. abducens, beide durch einen Endothelüberzug vom durchströmenden Blut getrennt. In die Seitenwand des Sinus sind der Reihenfolge nach von oben nach unten der N. oculomotorius, trochlearis und ophthalmicus eingelagert. Der Sinus cavernosus nimmt durch die Fissura orbitalis sup. die Vv. ophthalmicae auf, die über die V. angularis mit äusseren Gesichtsschädelvenen und über die V. ophthalmica inf. durch die Fissura orbitalis inf. mit dem Plexus pterygoideus kommunizieren. Vorn seitlich unter den Alae parvae gelegene Fortsätze übernehmen inkonstant oder nur teilweise Blut aus den entlang der Kranznaht herabziehenden Vv. meningeae mediae sive Vv. bregmaticae sive Sinus sphenoparietalis und vom Tentorium kommenden Dura-venen (Merkel, Lindblom). Von den Hirnvenen nimmt er die V. anastomatica Trolard und die V. cerebri media superficialis und manchmal auch die V. cerebri media profunda aus dem Bereich der Insel und des Orbital-

,42

lappens auf. Nach der Seite kommuniziert er über den Sinus petrosus sup. mit dem Sinus sigmoideus und über den Sinus petrosus inf. mit der V. jugularis int. Hinten vermittelt der auf dem Clivus gelegene Plexus basilaris die Verbindung zur Jugularvene und zu den auf beiden Seiten das Foramen magnum umgebenden Plexus marginales, die wiederum mit den Plexus occipitales und durch das Foramen magnum mit den spinalen und vertebralen Plexus anastomosieren. Zur V. jugularis int. führen der die A. carotis umspinnende Venenplexus, zum Plexus pterygoideus die durch das Foramen ovale, lacerum, spinae und des Emissarium Vesalianum austretenden Venen. Die inkonstante Sinus petroso-squamalis verbindet nach Streit den Sinus sigmoideus, durch oder über die Kante des Felsenbeines ziehend, mit den Venen, welche durch das Foramen spinosum austreten oder mit dem Sinus cavernosus.

5,5 Venöse Verbindungen der intrakraniellen mit den äusseren Schädelvenen

5,51 Direkte Verbindungen (Vv. emissariae)

Die venöse Drainage des endokraniellen Kreislaufs erfolgt hauptsächlich über den Sinus sigmoideus durch das Foramen jugulare in die V. jugularis int. Sie wird unterstützt durch die Emissarien und durch die venösen Geflechte, welche durch fast alle Foramina der Schädelbasis austreten (Siehe 5,42). Es muß auch noch die V. ophthalmica als direkte Kommunikation hervorgehoben werden (siehe 4,22).

In den Emissarien ziehen venöse Blutbahnen an typischen Orten der Schädelkapsel durch die gesamte Dicke der Knochen und verbinden einen Sinus mit den extrakraniellen Venen. Innerhalb der Knochen können ihnen Diplovenen zufließen. Die echten Emissarien sind gewöhnlich kreisrund und haben im wesentlichen nur die Vene selbst zum Inhalt.

Die jedoch als Vv. emissariae bezeichneten Gefäße können zusammen mit ihren Foramina durch hydrodynamische Belastung erweitert werden. Ihrer Beziehung gemäß führen die Emissarien das Blut nach außen ab. Nach Merkel sind sie klappenlos, doch verhindern Klappen an ihrer Mündung in die äusseren Venen eine Stromumkehr. Im Emissarium mastoideum (Volosin) und occipitale (Lindblom) soll jedoch die Strömung, von unterschiedlichen Druckgefällen bestimmt, wenigstens temporär von außen nach innen gerichtet sein können. Nach Erfahrungen von Süsse an Knochenvenen anderer Körperregionen können deren äussere Klappen zwar einen Rückfluß, aber nicht einen von außen in die Emissarien und Sinus hineinwirkenden Rückstau verhindern. - Die Knochenkanäle der Emissarien sowie ihre inneren und äusseren Foramina finden sich an Skelettschädeln sehr verschieden und auch am gleichen Schädel oft seitendifferent entwickelt. Ihre variable Ausbildung ist ein Zeichen ihrer unterschiedlichen funktionellen Beanspruchung, sei es primär im Rahmen der individuell-konstitutionellen Entwicklung, sei es sekundär nach Abschluß des Wachstums infolge einer Veränderung (siehe 5,65) der venösen Hydrodynamik (Süsse). Eine Erweiterung der Emissarien kann bei erhöhtem Hirndruck beobachtet werden und findet sich häufig am Emissarium occipitale und mastoideum bei cerebralen Tumoren, Meningeomen und Angiomen (Erdély, Köhler, und Zimmer, Loepp und Lorenz, Lindblom, Lindgren).

1. Das Emissarium frontale (siehe 4,23)

2. Das Emissarium parietale

Es verbindet, ein- oder beidseitig ausgebildet, den Sinus sagittalis sup. durch die Kalotte hindurch am Scheitel, meist einen Querfinger neben der Pfeilnaht mit den äusseren Weichteilvenen dieser Region.

3. Das Emissarium occipitale

An der Protuberantia occipitalis int. finden sich

in der Mittellinie meist ein oder mehrere kleine Foramina, durch die hindurch der hier gelegene Confluens sinuum oder der Sinus transversus oder beide mit Diploevenen - nicht immer direkt - mit äusseren Weichteilvenen verbunden sind.

4. Das Emissarium mastoideum

Das Emissarium (Santorini) ist nach Merkel das konstanteste der Emissarien und verbindet auf beiden Seiten des Sinus sigmoideus durch die Pars petromastoidea des Os temporale hindurch mit den äusseren Weichteilvenen (V. occipitalis, V. auricularis post. und V. jugularis). Die Weite der Emissarien ist von den Strömungsverhältnissen im Sinus sigmoideus abhängig und schwankt zwischen fehlender Ausbildung bis, in seltenen Fällen, zu 1 cm. Je schlechter die Pneumatisation im Felsenbein und Warzenfortsatz, desto häufiger ist völliges Fehlen oder geringe Weite des Emissarium (Streit, Kraus und Wirkner). Nach der von Streit gegebenen Übersicht ist mehrfach anatomisch und in einem Falle von Kraus und Wirkner röntgenologisch nachgewiesen worden, daß bei atypischem oder verschlossenem Foramen jugulare der gesamte Blutstrom durch das Emissarium mastoideum abgeleitet werden kann. Eine Erweiterung des Emissariums gilt als charakteristisch für Hämangiome des Felsenbeins (Hampton und Sampson; Tänzer) und findet sich auch bei anderen Angiomen sowie bei Meningeomen.

5. Das Emissarium condylicum

Auf beiden Seiten stellt das Emissarium condylicum eine venöse Verbindung des unteren Knies des Sinus sigmoideus oder des Bulbus venae jugularis internae mit dem Wurzelgeflecht der großen V. cervicalis profunda und den vertebralen Plexus dar.

52 Indirekte Verbindungen (Vv. diploicae)

Die venöse Eigendrainage der Schädelkapsel erfolgt außer über die Dura- und äusseren Weichteilvenen über die Diploevenen. Letztere entleeren sich in die duralen Venen, in die Sinus, in die die Schädelknochen durchbrechenden Emissarien und in die äusseren Weichteilvenen. Am Scheitel kommunizieren sowohl die Dura-als auch die Diploevenen über die lateralen Lacunen mit dem Sinus sagittalis superior und indirekt auch mit den oberflächlichen Vv. ascendentes des Gehirns (Frolard) . Mit Brechet werden auf jeder Seite prinzipiell 4 Quellgebiete und ihre Hauptstämme unterschieden: V. diploica frontalis, V. temporalis ant. und post. und V. diploica occipitalis. Die Kanäle sind allerdings partiell oder allgemein nur sehr gering oder gar nicht entwickelt, können aber auch auf der anderen Seite in einzelnen Fällen und Regionen eine Breite von 5 mm aufweisen. Die frontale Diploevene steht nach oben mit dem Beginn des Sinus sagittalis sup. in Verbindung und mündet an der oberen Orbitakante in eine äussere Weichteilvene, häufig im Foramen supra_orbitale. Sie kann auch oberhalb der Orbita nach lateral verlaufen und sich in der Schläfengegend in eine äussere Vene öffnen. Hierfür läßt das Knochenpräparat häufig kleine Foramina in der Tabula ext. des großen Keilbeinflügels erkennen (Süsse).

Die vordere temporale Diploevene durchbricht entweder die Tabula ext. des großen Keilbeinflügels und mündet in der Schläfengrube in die V. temporalis profunda oder öffnet sich an der Innenseite in Venen der Dura mater (vordere Äste der Vv. meningae mediae, Vv. bregmaticae, Sinus sphenoparietalis). Am Skelet_schädel sieht man oft zahlreiche kleine Foramina in der Innenfläche der Kranznaht. Die entlang der Kranznaht verlaufenden Duravenen können partiell oder vollständig von Knochen bedeckt sein und damit einer

Diploevene gleichen. - Als Mündung der V. diploica temporalis posterior dient das Emissarium mastoideum oder der Sinus transversus.

Die V. diploica occipitalis mündet in die äussere V. occipitalis oder den Sinus transversus oder in das Emissarium occipitale und steht dann zugleich mit dem Confluens sinuum innen und einer äusseren Vene in Verbindung. Die Knochenvenen der basalen Teile der Hinterhauptsschuppe münden in das Emissarium condylicum, in den Sinus sigmoidens und Bulbus venae jugularis, sowie an der Kante des Foramen magnum in den spinalen Plexus.

Näheres über die schwammartige Diploe und ihre kleinsten verzweigten Kanäle siehe 4,21.

Eine weitere indirekte Verbindung zwischen intra- und extrakraniellen Venen stellen die submucösen Geflechte der Sinus paranasales dar. Das beste Beispiel hierfür sind die Stirnhöhlen mit ihren Beziehungen zum Sinus longitudinalis superior, zur Diploe und zu den äusseren Schädel- und Gesichtsvenen (siehe 4,2).

5,6 Der Sinus sagittalis superior

5,61 Entwicklungsgeschichte

Nach Markowski geht der obere Längsblutleiter entwicklungsgeschichtlich aus dem vorderen Teil der primären Hirnsichel hervor, die beim menschlichen Embryo ein noch gleichmässig mit Blutgefäßen durchsetztes Mesenchymgewebe darstellt. Die primäre Falx differenziert sich dadurch, daß die Blutgefäße an den medialen Flächen der Großhirnhemisphären und in der Medianebene zusammenlaufen. Durch diesen Vorgang entsteht unter anderem ein medianes Blatt, das in das Duragewebe übergeht, und das den Plexus sagittalis superior, die Anlage des Sinus gleichen Namens, umgibt.

Dieses Blatt wird zur Falx duralis. Der obere, sich mehr und mehr verdichtende Teil des Blattes verlängert sich zusammen mit dem Plexus sagittalis sup. immer weiter in occipitaler Richtung und bildet sich schließlich zum Sinus sagittalis sup. aus.

5,62 Lagebeziehungen

Der Sinus sagittalis superior erstreckt sich in der Falx cerebri, parallel zu dem am unteren freien Rand der Sichel eingelassenen Sinus sagittalis inf., direkt unter der Sutura sagittalis vom Foramen caecum im Ansatz der Falx neben der Crista frontalis in einem nach oben konvexen Bogen zur Protuberantia occipitalis. Hier mündet er und bildet zusammen mit dem von vorn kommenden Sinus rectus das Confluens sinuum (Torcular Herophili). Oft mündet er auch weiter seitlich in den rechten Sinus transversus, wodurch das Confluens sinuum asymmetrisch wird. Der Sinus transversus verläuft beiderseits nach scharfer Biegung als Sinus sigmoideus hinter dem Felsenbein abwärts zum Foramen jugulare, in welches er sein vorzugsweise aus dem Hirn stammendes Blut dem Bulbus venae jugularis übergibt. Die am Eingang in den eigentlichen Bulbus bestehende Verengung wirkt sich nach v. Kügelen wie eine exzentrische Einspritzdrüse aus (siehe 5,152).

Über die Kommunikation des Sinus sagittalis superior mit Venen der Nasenschleimhaut durch das Foramen caecum hindurch existieren verschiedene Meinungen. Nach Benninghoff, Spalteholz und Töndury ist eine solche Verbindung nur beim Neugeborenen vorhanden und obliteriert später. Fischer gelang die Injektion der Nasenschleimhaut vom oberen Längsblutleiter aus einmal bei einem 2 1/2-jährigen Kinde. Nach Merkel kommt diese Kommunikation auch noch bei Jugendlichen, aber nicht ausnahmslos, vor. Henle gibt an, sie sei regelmäßig bei Kindern zu finden. Sappey fand sie auch bei Kindern nur noch in Ausnahmefällen. Hyrtl war dagegen der Ansicht, daß die erwähnte Verbindung regelmäßig auch bei Erwachsenen besteht. Zuckerkancl hat, nach-

gewiesen, daß das Foramen caecum, abweichend von den übrigen Emissarien keine den Kanal ausfüllende Vene als vordersten Teil des Sinus sagittalis sup. enthält, sondern einen "konischen Fortsatz" der Sichel, welcher sich mit Leichtigkeit aus dem Kanale herausziehen läßt und in seiner Länge sehr variiert. Dieser Konus enthält beim Erwachsenen wie beim Neugeborenen Gefäße.

- Das vordere Ende des oberen Sichelblutleiters ist weiterhin über Knochenvenen mit äusseren Venen am oberen Orbitalbogen sowie der Fossa temporalis verbunden (siehe 4,22). Über das Emissarium frontale, das hier manchmal ausgebildet ist und über das Emissarium parietale anastomosiert er mit extrakraniellen Venen (siehe 4,23 und 5,51). Zu beiden Seiten, besonders zahlreich an und hinter dem Bregma, liegen an ihm mit Pacchionischen Granulationen (5,14) durchsetzte Bluträume (Lacunae laterales, 5,63). Diese kommunizieren auf der einen Seite mit dem Sinus, auf der anderen Seite mit den Vv. durales und Vv. diploicae, außerdem sind sie mit den direkt in den Sinus mündenden oberflächlichen Hirnvenen verbunden. Infolge seiner Mittel-lage und Verknüpfung mit Venen des Hirnes, der Dura, der Knochen und der äusseren Weichteile ist der Sinus sagittalis sup. offensichtlich eine bedeutsame Konstruktion, welche einen intravenösen Druckausgleich mit entsprechender Blutverteilung zwischen beiden Seiten gestattet (Süsse).

Lacunae laterales

In den oberen Längsblutleiter ergießen sich gewöhnlich 10 - 12 Vv. ascendentes, äussere Hirnvenen, deren Kaliber von vorn nach hinten zunimmt. Die Hauptstämme liegen ziemlich oberflächlich über den Furchen, sind aber auch über die Windungen hinweg durch Anastomosen verbunden. Seit Cruveilhier ist bekannt, daß die von der hinteren Hälfte der Hemisphären kommenden Hirnvenen senkrecht auf den Sinus zulaufen, dann aber rostralwärts umbiegen, um gegen die Strömungsrichtung in einem nach hinten offenen, mitunter spitzen Winkel an den Sinus heranzutreten. Einzelne biegen auch in einer Haarnadelkurve um, sodaß sie wieder in der Strömungsrichtung münden (Ferner-Kautzky). Vor ihrer Einmündung nehmen sie Venen von der medialen Fläche der Hemisphären auf. Nach Langer verlaufen diese Venen in ihrem Endstück eine Strecke weit zwischen den Durablättern; das gilt auch für solche Venen, welche sich in der Gegend des Scheitelbeins vom Gehirn lösen, sodaß dadurch auch weit vom Sinus weg eine Verbindung der Hemisphäre mit der Durakapsel hergestellt wird. -

Dort, wo die hinteren Vv. ascendentes von außen an die Wand des Sinus herantreten, münden sie aber noch nicht. Langer beobachtete, wie sie innerhalb der Sinuswand, oft noch weite Strecken fortlaufend, sich erst auf der Höhe des Scheitels in den Sinus öffnen und da sich mit den weiter vorn von den Hemisphären abgehenden Venen vereinigen. So ist es nur ein kaum 2 cm langes Stück des Sinus, welches die meisten und größten Hirnvenen aufnimmt. Die von ganz hinten kommenden müssen in Folge dessen eine bis 3 cm lange Strecke innerhalb der Sinuswände zurücklegen, bevor sie wirklich einmünden, sodaß es bei der Größe dieser Venen mitunter den Anschein hat, als sei der Sinus gedoppelt. (Abb. 9).

Gerade dort, wo die meisten und größten Hirnvenen sich in den Sinus eröffnen, also am Scheitel des Kopfes, finden sich die von Cruveilhier ("tissues erectiles")

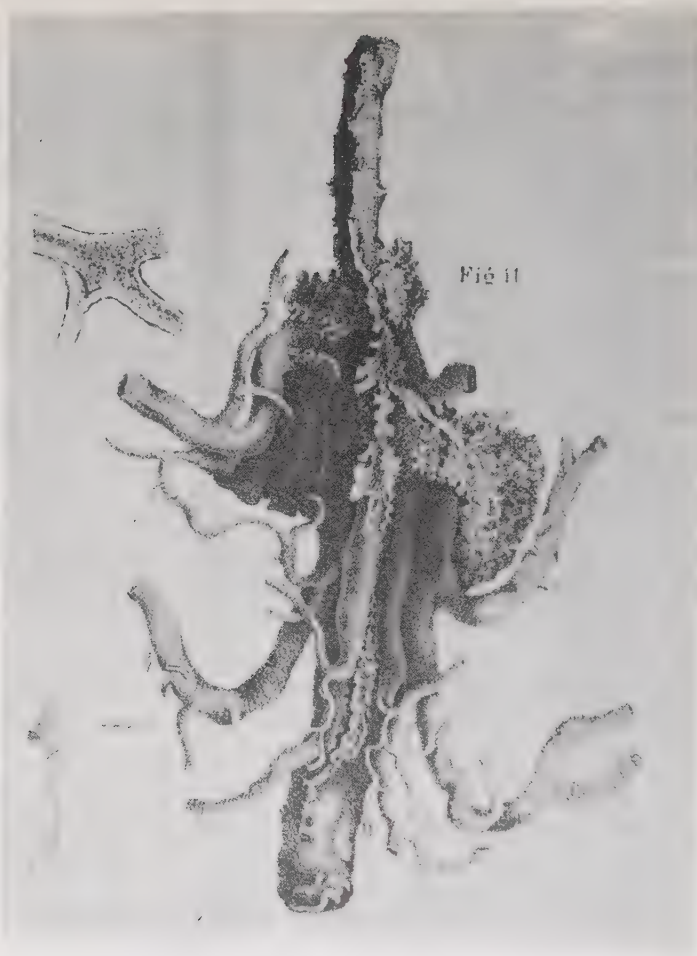


Abb. 9

Sinus sagittalis superior eines Mannes mittleren Alters, mit den angeschlossenen kavernösen Räumen und oberen Hirnvenen; nach einem Korrosionspräparat, in der Ansicht von unten (Aus Langer, K.: loc. cit. wie Abb. 5).

zuerst bemerkten kavernösen Räume: nach Langer stellen sie sich am Korrosionspräparat als Netze dar, bestehend aus grösseren und kleineren Gefäßen, welche sich mittels Stämmchen bald an einer, bald an mehreren Stellen in den Sinus öffnen. Sie umgeben beiderseits den Sinus und bilden so die bekannten, zwischen den aufgelösten Balken der Dura hervortretenden Buchten, die die Pacchionischen Granulationen (5,64) enthalten. Wenn diese Räume auch stark ausgeweitet nur bei älteren Personen vorkommen, so finden sie sich doch schon, und zwar an derselben Stelle, auch beim Kinde.

Nach O'Connel fehlen sie bei der Geburt ebenso wie die Pacchionischen Granulationen. Langer kam zu der Ansicht, daß sie nicht eigentliche Buchten der Sinus und auch nicht der Hirnvenen sind. Sie entwickeln sich seiner Meinung nach aus den Knochenvenen und aus den Venen der harten Hirnhaut. Ihre Substrate sind demnach die an der Außenfläche der Dura befindlichen Venenplexus ferner die schon bei Kindern dicken Venennetze der Falx und insbesondere die Venengeflechte, welche die Sinuswände durchsetzen. Die letzteren dringen bis an die innere Sinuswand vor, wo sie feiner und engmaschiger ausgebreitete Vasa vasorum darstellen, mit einem aus feinen Gefäßröhren bestehendem inneren Wandnetze. Alle diese Venen bilden schon im jugendlichen Alter ganz ausgedehnte Receptacula sanguinis, erfahren aber doch erst im höheren Alter und unter mehr oder weniger pathologischen Umständen (nach Langer z.B. bei Alkoholikern und Herzkranken) eine ungewöhnliche Ausweitung, die bis zum Durchbrechen der inneren Tafel führen kann.

Außer mit dem Sinus, den Hirn-, Dura- und Knochenvenen nehmen die Lacunae indirekt über die Diploe Verbindung auf mit den äusseren Weichteilvenen.

Wimmer untersuchte eingehend die Mündung der Hirnvenen in den Sinus sagittalis superior. Er stellte fest,

daß das durale Bindegewebe an der Mündung eine Ausrichtung durch Faktoren erfährt, die z.T. in den Komplex intrakranieller Kräfte einzuordnen sind, darüber hinaus aber durch Eigenheiten des venösen Kreislaufs (5,65) bedingt sind. Größe und Richtung der einmündenden Venen beeinflussen das Ausmaß der bindegewebigen Formung. Weiter soll man aus der Anordnung dieser duralen Bindegewebsteile auf einen häufigen Zug der daran angeschlossen bewegten Hirnmasse als formgestaltenden Faktor schließen können. Beim Säugling sind diese Strukturen nur angedeutet. Die Auseinandersetzung des Gewebes mit den intrakraniellen und venösen Druckschwankungen steht im Vordergrund. Außerdem lassen sich nach Wimmer aus der Struktur des Gewebes heraus Mechanismen wahrscheinlich machen, die befähigt sind, die Venenmündung bei einer angestrebten Verengung zu erweitern. In diesem Sinne kann den Mechanismen die Fähigkeit einer gewissen örtlichen Kreislaufregulierung zugeordnet werden. Dem stimmen auch andere Autoren bei. So ist nach O'Connel der Einmündungswinkel beim fetalen Hirn noch deutlich rechtwinklig, beim Säuglingshirn schon nicht mehr so deutlich und weicht dann mit zunehmendem Alter beim Erwachsenen einem sehr spitzen Winkel, wobei die Einmündungsrichtung gegen den Blutstrom in dem Sinus gerichtet ist (siehe oben). Dieses eigenartige, nur entwicklungsgeschichtlich verständliche Phänomen ist nach Stopford von großer funktioneller Bedeutung. Durch die Einmündung gegen den Blutstrom im Sinus soll das Blut bei niedrigerem Venendruck in die Venen zurückströmen. Diese werden dadurch offengehalten, d.h. vor einer Kompression durch den Liquordruck geschützt.

5,64 Die Pacchionischen Granulationen (Granulationes arachnoidales sive Foveolae granulares sive Granula meningeae)

Die Granula meningeae sind bei fast allen Tieren nachzuweisen, beim Menschen sind sie aber vergleichsweise

weitaus am größten. Während bei Feten und bei Säuglingen die Granulationes arachnoidales nur mit Hilfe der Lupe oder einer mikroskopischen Untersuchung gefunden werden können, sieht man sie bei zunehmendem Alter in wachsender Zahl und Größe schon mit dem freien Auge. - Die Pacchionischen Granulationen der Menschen sind besonders häufig im mittleren Drittel des Sinus sagittalis superior oder in seinen Lacunae laterales. Weniger stark ausgeprägt finden sie sich am Pol der Schläfenlappen sowie von der Kleinhirnoberfläche her am Sinus rectus, Sinus transversus und Sinus petrosus superior. Sie können jedoch auch die Tabula interna der Schädelknochen durchbrechen und in die Diploe hineinreichen. Hier liegen sie meist in einer leicht gekammerten Grube. Nach Key und Retzius, Weed, Stuart, Wolff und Schaltenbrand spielen sie wahrscheinlich eine wichtige Rolle für die Resorption des Liquors. Nach Sepp hingegen sind sie als Schutzvorrichtungen aufzufassen, die bei Zusammenpressung den Blutkreislauf ganz besonders empfindlich beeinflussen können: "Die Pacchionischen Granulationen sind kolbenförmige Ausstülpungen des Arachnoidalsackes in das Innere der harten Hirnhaut. Sie besitzen eine Höhlung, die mit der Arachnoidalhöhle kommuniziert. Gewöhnlich taucht der Kolben der Granulation in eine Vene der harten Hirnhaut, die mit dem Sinus anastomosiert. Nimmt man an, daß diese Ausstülpung des Arachnoidalsackes sich zu dilatieren fähig ist, so kann man daraus folgern, daß das Volumen des Kölbchens eine Funktion von einem sich ändernden Verhältnis der Drucke der Cerebrospinalflüssigkeit und des venösen Blutes im betreffenden Bezirk ist. Je mehr der Druck der Flüssigkeit den des venösen Blutes übertrifft, desto größer ist das Volumen des Kölbchens der Arachnoidalzotte. Mit der Basis (Hals des Kölbchens) sitzt die Zotte an der Außenfläche des Arachnoidalsackes an den konvexen

Teilen des Gehirns, d.h. an denjenigen Stellen, wo das innere und äussere Blatt des Arachnoidsackes zu einer einzigen Schicht verklebt und mit der gliösen Grenzschicht des Gehirns fest verwachsen sind. Somit sitzen die Granulationes arachnoidales letzten Endes fest auf der Gehirnoberfläche, sodaß sie gegen dieselbe nicht verschoben werden können.

Stellt man sich den Fall eines allmählichen Anschwellens des Gehirns vor (Hirnödem), wodurch eine Verkleinerung der venösen Behälter angestrebt wird, so werden dabei die oberen Ränder der Hemisphären der Mittellinie zustreben und das Blut allmählich aus dem oberen Longitudinalblutleiter zu verdrängen suchen. Dieser medialen Verschiebung des Hemisphärenkammes stehen jedoch die Pacchionischen Granulationen hinderlich im Wege, und je mehr die Zirkulation der Cerebrospinalflüssigkeit erschwert, je größer folglich der Unterschied im Druck zwischen Liquor und venösem Blut ist, um so mehr werden die Kölbchen der Zotten dilatiert, desto fester wird das Kölbchen an der harten Hirnhaut fixiert, desto weniger sind seitliche Verschiebungen des Kammes der Hemisphären möglich. Diese Fixation wird noch durch den Umstand verstärkt, daß dabei die fibrösen Stränge gespannt werden, die perpendikulär zur Richtung der Sinus gelegen sind, den Hals des Kölbchens umfassen und in der Art einer Klemme wirken".

Im Röntgenbild sichtbare Foveolae granulares hält Süssle für einen wichtigen Hinweis auf eine atypische oder abnorme Umstellung der endokraniellen Druck- und Hydrodynamik.

5,65 Drucksituation im Sinus sagittalis superior

Der Sinus sagittalis^{sup.} stellt physikalisch gesehen ein durchströmtes Rohr mit zunehmendem Querschnitt dar. Das Druckgefälle des Blutes in dem engeren Rohrteil ist höher als im weiteren. Gegen den Sinus rectus zu wächst der Strömungsquerschnitt, dagegen verlangsamt sich die Strömungsgeschwindigkeit. Venen, die an

verschiedenen Orten in das Gefäßrohr eintreten, treffen somit unterschiedliche Druckverhältnisse im Verlauf des Sinus an. Beim Übergang vom meist engeren Rohr der Vene zum weiteren Sinus erfährt das Blut einen Geschwindigkeitswechsel seiner Strömung. Bei Abhängigkeit von der Strömungsrichtung im Sinus und von der Richtung der einmündenden Venen zum Sinus wirkt das zufließende Venenblut als hemmende oder steigende Kraft innerhalb des Sinus.

Die Angaben über die Höhe des venösen Blutdruckes stimmen nicht ganz überein. Ziegler findet bei Hunden einen Druck von 7 - 23 mm Hg distal vom Torcular des Sinus, dortselbst 3 - 6 mm Hg. Hürthle nimmt einen mittleren Wert von 10 mm Hg für den venösen Sinus beim Menschen an, doch kann sich der Druck bei Dyspnoe bis auf 80 mm Hg steigern. Hill gibt als Druckwert der Hirnvenen beim morphinisierten Hund 5 - 10 mm Hg an. In einer Übersicht faßt Hürthle die mittleren Druckwerte des Hirnkreislaufs zusammen:

Normale Druckwerte:	Circulus art.	Willisi:	140 cm	H ₂ O
	Hirnkapillaren		20-30 cm	H ₂ O
	Venöse Sinus		10-20 cm	H ₂ O
	Liquor cerebro-			
	spinalis		5-15 cm	H ₂ O

Die Forderung eines idealen Strömungsverlaufs des venösen Blutes aus den Hirnvenen zum Sinus sagittalis sup. umfaßt auch einen gleichmäßigen Blutübertritt an dieser kritischen Stelle (Mündung der Hirnvenen in den Sinus sagittalis sup. - siehe auch 5,63), ohne daß Veränderungen im Zusammenspiel der mechanisch wirksamen Faktoren diesen für die Funktion des abhängigen Stromgebietes wichtigen Vorgang hemmend beeinflussen. Von folgenden Vorgängen kann die Möglichkeit einer Behinderung des Blutabflusses angenommen werden (Wimmer):

1. Veränderung im Spannungszustand des sinusnahen Gewebes

2. Intrakranielle und venöse Druckschwankungen
3. Unmittelbare Zug- und Druckwirkungen auf die Venenmündungsstelle (Bewegungen der Großhirnhemisphären, raumbeengende Prozesse)

Dieser Komplex von mechanischen Faktoren, der auf diese von der übrigen venösen Strombahn unterscheidbare "kritische Stelle" einwirkt, erfährt noch eine zusätzliche Ausweitung, wenn die Strömungseigentümlichkeiten des venösen Blutes berücksichtigt werden (Wimmer).

Nach Hess ist das Druckgefälle in den Venen gering. Innerhalb weiter Grenzen kann sich das Lumen der Venen vergrößern und verkleinern, ohne daß die Spannung der Venenwand eine wesentliche Veränderung erfährt (Geigel). Die Vene ist bei einem kreisförmigen Querschnitt maximal gefüllt. Ihre Wand selbst ist im ganzen weniger nachgiebig und steht den Arterien an Dehnbarkeit nach. Damit sind die Venen nur wenig befähigt, besondere Kreislaufschwankungen selbständig zu regulieren. Überhaupt sind große Füllungsschwankungen der Venen weniger abhängig von venösen Druck als vielmehr von der venösen Blutmenge (Kaufmann). - Die Schwankungen des venösen Blutdruckes können nach Wimmer außerordentlich vielseitig abgeleitet werden.

1. Die Änderung der Herztätigkeit als wirksames Agens für den Venendruck: Drucksteigerung erfolgt bei rückläufiger Stauung des Blutes von der rechten Vorkammer her.
2. Besonders hervorzuheben sind große Druckschwankungen als Folge von Änderungen des intrathorakalen Druckes.
3. Einen großen Einfluß auf den Venendruck übt die Atmung aus. Der Venendruck sinkt mit der Inspiration, um bei der Expiration seinen Ausgangswert zu erreichen.
4. Das Gesamtvolumen des vorhandenen Blutes im Venensystem steht in unmittelbarer Beziehung zum Venendruck.

5. Mit Zunahme des Minutenvolumens in einem bestimmten Stromgebiet erhöht sich der Druck in dem abhängigen Venengebiet.
6. In ähnlicher Weise steigt der Venendruck bei Verengung der Arterien eines zusammenhängenden Stromgebietes.
7. Eine regelmässige Schwankung erfährt der Venendruck durch die sog. systolische Ansaugung des Herzens (Rein).

Die gesamten Faktoren erfassen im wesentlichen den Venendruck, d.h. sie beziehen sich zunächst auf die Strömung des Blutes im Sinus sagittalis superior. Am der Stelle des Übergangs der Strombahn aus der starren Sinuswandung auf die eigentlichen Hirnvenen findet sich somit ein erster Punkt, an dem die so außerordentlich vielgestaltigen Einflüssen unterworfenen Blutdruckhöhe eine Formveränderung der Gefäßwand zur Folge haben kann.

Wimmer untersuchte daher die bindegewebige Konstruktion dieser "kritischen Stelle" eingehend (siehe 5,63).

5,66 Architektonik des Sinus sagittalis superior nach Wimmer

Der Aufbau der Wand des Sinus sagittalis sup. hat sich als ein Gefüge erwiesen, in dem lebende Kräfte in ständiger Berührung mit dem Gewebe eine spezifische funktionelle Struktur hervorgerufen haben. Die einzelnen Faktoren (Zug- und Spanningskräfte, Druckschwankungen im Gefäßrohr) in dem Kräftespiel greifen in der Statik des Schädellinneren so sehr ineinander, daß Dura und Sinus bei einer Betrachtung nach funktionellen Gesichtspunkten am besten als Einheit zu erfassen sind. Das Verhalten des duralen Gewebes an den Venenmündungen in den Sinus sagittalis sup. läßt seine Abhängigkeit von dem gemeinsamen statisch-dynamischen Geschehen klar hervortreten. Mit der Beschreibung einzelner Mechanismen innerhalb einer funktionellen

Struktur eröffnet sich der Ausblick von dem untergeordneten morphologischen Feld der Betrachtung auf das größere Geschehen am Lebenden. Ein solcher Berührungspunkt ergibt sich aus der Frage nach der Möglichkeit einer Kompression des Sinus sagittalis sup.. Das Eingehen auf Einzelheiten in der feineren Architektur der Sinuswände (Näheres siehe Wimmer) läßt die bisherige Vorstellung von der Stabilität des Sinus innerhalb großer Druckschwankungen neu bestätigt noch festigen. Die von Sepp beschriebene Schutzwirkung der Arachnoidea (siehe 5,64) gegen ein Zusammendrücken der Sinuswände kann ein vollkommen durchkonstruierter Bindegewebsapparat in der parasinusalen Dura , zusammengefügt aus Grob- und Feinstruktur, gegenübergestellt werden. Auch er ist zur Leistung derselben Aufgabe ausgezeichnet vorbereitet. Kennzeichnend für das Wesen des Gefüges ist die Vereinigung von linearen und flächenhaften Spannungssystemen zu einer Anordnung in räumlicher Tiefe. Der Sinus ist somit weitgehend vor der Gefahr der Kompression gesichert. Der ihm vorausgehende Abschnitt der venösen Strombahn erscheint weit eher als günstiger Angriffspunkt eines gesteigerten Hirndruckes. Die Möglichkeit einer Kompression unmittelbar im Mündungsbereich der Venen in den Sinus sagittalis sup. dürfte auch noch durch gewisse konstruktive Strukturen der eingegliederten Dura verzögert oder verhindert werden. Damit bleibt die distale Verlaufsstrecke der Venen von der Oberfläche der Großhirnhemisphären bis zum Sinus als Objekt wahrscheinlicher Kompressibilität bestehen. Von hier aus ist eine Unterbrechung der venösen Strombahn für morphologische Begriffe am ehesten denkbar und wahrscheinlich. Aus der Analyse der Architektur des Sinus sagittalis sup. ergab sich somit ein Einblick in Anordnung und Wirken echter funktioneller Strukturen in der Dura mater cerebri. Ein Komplex von Faktoren konnte als

einheitliches Gestaltungsprinzip in dem statisch-dynamischen Geschehen namhaft gemacht werden, der Dura und Sinus als zusammengehörige Einheit erfaßt. Das durale Bindegewebe erwies sich als plastische Masse, in der unterschiedliche Faktoren in einem vielfältigen Kräftespiel besondere Strukturen hervorrufen. Das Lebensalter stellt bestimmte Kombinationen solcher Faktoren zusammen, die in gesetzmäßigem Ablauf untereinander wechseln. Für das Einzelleben besteht ein weiterer Spielraum in der Gestaltung möglicher Varianten, die jedoch niemals von einem übergeordneten Bauplan abweichen. Wesentliches Ziel der bindegewebigen Anordnung bleibt auch hier wie in anderen Organen die bestmögliche Anpassung des Gewebes an seine mechanische Beanspruchung. Nur in diesem Rahmen können die einzelnen morphologischen Befunde eine tiefere Deutung erfahren, die den Ausgangspunkt für den weiteren Weg in das physiologische und pathologische Geschehen bildet.

Die Venae meningeeae mediae sive Venae bregmaticae sive Sinus sphenoparietalis

Alle seitlichen, über die Wände des Schädeldaches herabziehenden Meningealvenen gehen, meist in mehrfache Äste geteilt, Verbindungen mit dem Sinus sagittalis sup. ein. Nach Langer sind ja die Lacunae laterales aus den Vv. meningeeae entstanden. Letztere begleiten in den an der Tabula interna ausgebildeten Knochenfurchen meist doppelt die Zweige der gleichnamigen Arterie. Besonders variabel ist die Ausbildung der duralen Venen, die dem vorderen Ast der Vv. durales mediae zugehören und vom Bregma entlang der Kranznaht zu dem kleinen Keilbeinflügel herabziehen. Einmal verlaufen sie unauffällig im Sulcus des vorderen Arterienastes oder unabhängig von ihm in einer eigenen Knochenfurche; in anderen Fällen liegen sie in mehreren betonten oder geflechtartig angeordneten Sulci oder aber sie bilden einen sehr breiten, gleichmässigen Sulcus aus. (Abb. 10). Nach Ansicht vieler Autoren führen die Vv. meningeeae mediae das Blut z.T. durch das Foramen spinosum nach außen, z.T. auch durch die Diploe am lateralen Ende des kleinen Keilbeinflügels in äußere temporale Weichteilvenen,

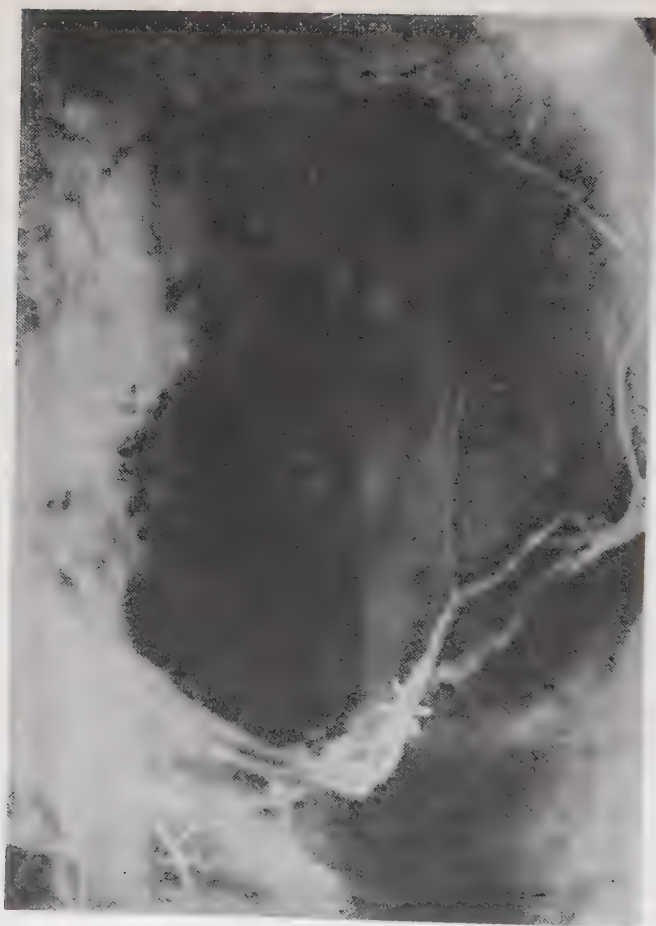


Abb. 10

Röntgenbild der Bregmavenen nach Injektion von Kontrastmittel an der markierten (+) Stelle.

(Aus Lindblom, K.: A roentgenographic study of the vascular channels of the skull. Acta radiol. (Stockholm) Suppl. 30, 1-146 (1936)).

z.T. durch die Fissura orbitalis superior oder durch kleine, daneben gelegene Knochenkanäle in die Orbita oder auch nach medial unter den kleinen Keilbeinflügel zum Sinus cavernosus. Die bisher vorliegenden Beobachtungen vermitteln den Eindruck, daß die topographischen Beziehungen starke individuelle Unterschiede aufweisen.

Die gewöhnliche Breite der Bregmavenen auf Röntgenbildern vom 30. Lebensjahr ab gibt Lindblom mit 3 mm oder mehr an. Eine Differenz bis zu 1 mm zwischen beiden Seiten war normal. In 22 % der Fälle unter dem 10. Lebensjahr waren die Sulci venosi weiter und mehr prominent als die Sulci arteriosi. Das gleiche aber war in 60 % der Fälle, die älter als 10 Jahre waren, der Fall. Eine Differenz in der Weite der Sulci beider Seiten war nicht ungewöhnlich, aber in keinem Normalfall überschritten sie 2 mm.

Der Name Sinus spheno-parietalis hat bei den verschiedenen Autoren eine unterschiedliche Bedeutung. Breschet beschreibt ihn als Meningealvene, welche vom Bregma her hinter der Kronennaht herabzieht, um sich dann längs des kleinen Keilbeinflügels fortzusetzen. Charpy sowie Spalholz geben eine ähnliche Beschreibung. Kopsch, Sobotta, Testut und Latarjet sowie Young und Robinson beschreiben unter diesem Namen einen Sinus alae parvae, welcher mit den Meningealvenen kommuniziert. Nishikawa und Spérino betrachten den Sinus spheno-parietalis als eine Vena meningeae, die in die Vena cerebialis media eingeht. Für Henle und Merkel hängt der Name dieses Gefäßes davon ab, ob sich irgendeine Verbindung aufwärts vom Sinus alae parvae findet. Testut und Latarjet sprechen von einer "veine sylvienne superficielle" (siehe 5,31), die am hinteren Rand des kleinen Keilbeinflügels entlangziehend bald den Charakter eines Sinus annimmt und in das vordere Ende des Sinus cavernosus mündet.

Lindblom sah sich veranlaßt, den Namen Sinus spheno-parietalis ganz fallen zu lassen. Er fand bei seinen Untersuchungen mit Kontrastmittelinjektionen Folgendes: in 10 Fällen, in denen das Kontrastmittel von den Vv. meningeae aus, dicht über dem Pterionbezirk und in 1 Fall, in dem es vom Sinus sagittalis sup. aus injiziert wurde, trat nichts von der Injektions-

masse in den oben bereits erwähnten Sinus alae parvae über. Statt dessen trat die Masse in die Diploe, in den Plexus pterygoideus und in tiefe temporale Venen über. Unter der Ecke des kleinen Keilbeinflügels verlief ein inkonstanter medianwärts gerichteter Zweig der A. meningea media, begleitet von Venen. Diese füllten sich zwar während der Injektion, aber ohne irgendeine Verbindung mit den Sinus alae parvae erkennen zu lassen. Nur in einem einzigen Fall, bei dem keine Injektion gemacht werden konnte, fand sich eine Verbindung des Sinus alae parvae mit den Meningealvenen. In 15 Fällen entdeckte Lindblom bei der Durasektion ein für das unbewaffnete Auge kaum sichtbares Loch im lateralen Bereich über der Kante des kleinen Keilbeinflügels. Weiter medial dagegen sah er oft ein weites Lumen, welches einer cerebralen Vene, die in der Dura eingelassen war, zugehörte.

Da er keine wesentliche Kommunikation zwischen diesen Venen entdecken konnte, spricht sich Lindblom gegen den Namen Sinus pheno-parietalis aus. Er trennt den in den Sinus cavernosus einmündenden Sinus alae parvae von den Vv. bregmaticae. Es werden aber weiter die verschiedenen Bezeichnungen nebeneinander gebraucht. Im neurochirurgischen Schrifttum wird die breite bandförmige Darstellung der Venen meist als Sinus spheno-parietalis bezeichnet. Die Bedingungen, welche zur Ausbildung breiter Bregmavenen bzw. Sinus spheno-parietales führen, sind noch nicht vollständig geklärt. Nach Süsse hängt ihre Ausbildung offenbar von der individuellen Gestaltung des Gesamtschädels und wahrscheinlich wesentlich von der individuellen hydrodynamischen Situation innerhalb des Sinus sagittalis sup. ab, der sich bei Überlastung infolge seiner Lage am Falxansatz und seiner festen Durawände nicht ausdehnen kann. Seine von vorn nach hinten gerichtete Strömung kann durch Thrombose, ein wachsendes Angiom oder Meningeom gestört werden.

Weickmann führt ebenfalls einen Fall von parasagittalem, den Sinus durchwachsendem Meningeom an, bei dem ein auffallend verbreiteter Sinus spheno-parietalis eine kollaterale Verbindung vom Sinus sagittalis sup. zum Sinus cavernosus herstellt.

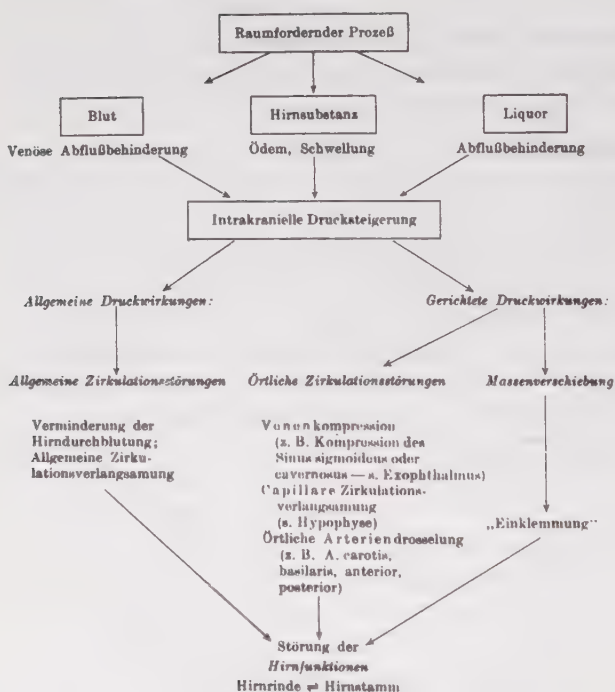
Tönnis fand bei 9 Kleinhirntumoren unter serienangiographischer Kontrolle des Carotisgebietes nur einmal eine Kontrastmitteldarstellung des Sinus sigmoideus, dagegen war in 6 Fällen der Sinus spheno-parietalis außerordentlich stark mit Kontrastmittel dargestellt. Im Vergleich dazu kam bei Normalfällen der Sinus sigmoideus nur in etwa 10 % nicht sicher zur Darstellung. Es geht daraus hervor, wie sich die verschiedenen Ableitungsbahnen untereinander vertreten und wie die Verteilung des Blutabflusses auf die verschiedenen Abflüsse von der jeweiligen Druckdynamik abhängt.

Pathologische Druckverhältnisse im Schädel durch raumfordernden Prozess (nach Tönnis) und seine Bedeutung für den Blutkreislauf

Raumfordernde Prozesse (Geschwülste, Abszesse oder subarachnoidale, intracerebrale und intraventrikuläre Blutungen, Eiteransammlungen usw.) können im Gehirn Massenschiebungen, Einklemmungen und Formveränderungen zur Folge haben. Die Volumenzunahme des Hirns beruht nach Tönnis nur z.T. auf dem Wachstum des Tumors selbst, z.T. ist sie auch histo-toxisch (Hirnschwellung) als Reaktion auf den Stoffwechsel der malignen Geschwulst aufzufassen und z.T. kommt sie hämodynamisch durch Kompression zustande.

Das Schema von Tönnis läßt erkennen, daß der raumfordernde intrakranielle Prozeß durch Einwirkung auf die drei verschiedenen Bestandteile des Schädelinhaltes - Liquor, Hirnsubstanz und Blutkreislauf - zu einer intrakraniellen Drucksteigerung führt.

Schema:



1. Schema über Entstehung und Auswirkungen der intrakraniellen Drucksteigerung (nähere Angaben im Text).

nach Tönnis beschränkt sich die Bedeutung des Blutkreislaufes bei der Entstehung der intrakraniellen Drucksteigerung nicht nur auf den venösen Schenkel durch eine Kompression der tumornahen Venen oder auf eine allgemeine venöse Rückflusstauung durch komprimierende Prozesse an der Schädelbasis, am Hals, im Brustraum durch Rechtsinsuffizienz des Herzens oder durch ungünstige Körperlagerung (Links-Seitenlage, Kopftieflage). Vielmehr ist für die intrakranielle Drucksteigerung von ausschlaggebender Bedeutung auch der arterielle Schenkel der intrakraniellen Blutbahn; hier gelten einfache physikalische Beziehungen: die allgemeine intrakranielle Druckhöhe - repräsentiert durch den Liquordruck - entspricht dem intrakraniellen Venendruck; der Liquordruck steigt linear und parallel mit der arteriellen Blutdruckhöhe an; niemals während des Lebens kann sie für längere Zeit den systolischen Blutdruck übersteigen. Diese Korrelationen sind schon durch frühere experimentelle und klinische Untersuchungen mehrfach bestätigt worden (Dixon und Halliburton, Blumgart, und Wolff, Wegforth, Weed und Flexner, Noell u. M. Schneider).

Hierin zeigt sich erneut die Beziehung der 3 Systeme des praktisch unveränderlichen Schädelinhaltes: Liquor, Hirnsubstanz und Blut unterliegen einer gegenseitigen, gesetzsmässigen Beeinflussung bei Volumen- oder Drucksteigerung einer ihrer Komponenten. - Dies ist die erste mechanische Grundlage intrakranieller Druckwirkung (Tönnis).

Weitens darf nach Tönnis die Tatsache nicht übersehen werden, daß das Hirn durch seine Hirnstammzentren zentralregulierendes Organ und außerdem noch, hinsichtlich Kreislauf und nervöser Versorgung "peripheres Organ" ist. - Diese beiden Grundtatsachen sind ausschlaggebend für Verlauf und Auswirkung der intrakraniellen Drucksteigerung. Nach obigem Schema ist es zweckmässig, die verschiedenen Auswirkungen intrakranieller Drucksteigerung in eine allgemeine und in eine gerichtete Druckwirkung zu trennen.

6,61 Allgemeine Druckwirkung

Je stärker die Hirndruckerscheinungen sind, um so mehr ist auch die Hirnzirkulation verlangsamt. Eine Zirkulationsverlangsamung wirkt sich beim intrakraniellen Druck kaum im Bereich der arteriellen Strombahn, dagegen deutlich in der venösen - und am stärksten in der sogenannten kapillaren Phase der Hirnzirkulation aus. Genauere Angaben über das Vorhandensein und den Grad einer Strömungshinderung in diesen Gefäßabschnitten hat bisher nur die Serienangiographie ermöglicht. Tönnis vergleicht die Zirkulations- bzw. Kreislaufzeit von 19 "Normalfällen" (Personen ohne Hirndruckerscheinungen) mit denjenigen von 54 "Tumorfällen". Unter Zirkulations- bzw. Kreislaufzeit ist hier der Zeitschnitt vom Beginn der Kontrastmittelinjektion bis zur völligen Entleerung des Hirns von Kontrastmittel zu verstehen. Aus dem Vergleich der Gesamtkreislaufzeit ergibt sich deutlich die Zirkulationsverlangsamung der Hirntumorfälle bis zu 15 sec Dauer. Lediglich 4 von 54 Tumorfällen liegen unterhalb der Zirkulationszeit des Normalfalles mit der längsten Zirkulation von 8,0 sec. Eine Zirkulationsverlangsamung über etwa 15 sec ist anscheinend mit dem Leben nicht mehr vereinbar. In Zukunft sind weitere Einblicke von cerebralen Kreislaufuntersuchungen mit Radionukliden zu erwarten.

,62 Die gerichtete Druckwirkung

Die gerichtete Druckwirkung, die als Massenverschiebung und "Einklemmung" aus der morphologischen Darstellung (Zülch) geläufig ist, bedingt erstens einen örtlichen Druck auf den venösen, capillaren und unter bestimmten Bedingungen auf den arteriellen Abschnitt der Blutzirkulation. Weiter führt sie zu Absperrungen einzelner Abschnitte des intrakraniellen Liquorsystems. Eine Kompression der intrakraniellen Sinus im Bereich des Sinus longitudinalis sup. und inf. sowie des Sinus transversus ist nicht möglich. Diese Abschnitte sind durch die Falx bzw. Tentorium

völlig abgestützt (siehe 5,66). In diese Sinus hineinwachsende Geschwülste (z.B. Meningeome) dagegen, eine Sinusthrombose oder vermehrter Blutabfluß aus einem Angiom oder Meningeom können lokal den venösen Abfluß beeinflussen (siehe 5,7). Anders aber ist es mit dem Sinus cavernosus und dem Sinus sigmoideus. Beim letzteren fehlt die geschützte Lage in einer Duraduplikatur, sein mandelförmiger Querschnitt kann daher besonders bei Tumoren der hinteren Schädelgrube zusammengedrückt werden. Die Folge ist eine erhebliche Zirkulationsbehinderung. Ein kompensatorischer Abfluß zeigt sich bei einer operativen Freilegung der hinteren Schädelgrube in der starken venösen Blutung aus den Weichteilen und Emissarien im Knochen, die mit Herabsetzung des Schädelinnendrucks (Ventrikelpunktion) sofort nachläßt. Verschiedene Autoren sahen Erweiterungen der Knochenkanäle der Emissarien (siehe 5,51). Tönnis beobachtete 9 Kleinhirntumoren bei serienangiographischer Kontrolle und fand eine kompensatorische Verbreiterung des Sinus sphenoparietalis bei fehlender Darstellung des Sinus sigmoideus (siehe 5,7). - Ausfälle von Venen sah er sonst nur im Bereich der Venen zwischen Hemisphäre und Sinus longitudinalis sup., den sog. Brückenvenen. Hier kommt außer der Liquordruckerhöhung noch ein weiteres überhaupt entscheidendes Moment hinzu: eine Veränderung des Einmündungswinkels der Venen in den Sinus (Tönnis 1938). Die Abscherung der Brückenvenen ist besonders deutlich bei den Geschwülsten des Occipitallappens. Eine Volumenvermehrung des Occipitallappens kann durch den Widerstand von Falx, Tentorium und Kalotte nur in frontaler Richtung erfolgen. Frontale Geschwülste dehnen sich occipitalwärts aus, subfrontale erstrecken sich in die mittlere, temporale in die vordere Schädelgrube. Hierdurch werden die in den Sinus sphenoparietalis einmündenden Venen der Fissura Sylvii in der einen oder anderen Richtung abgebogen. - Durch unmittelbaren Druck auf den Sinus cavernosus oder durch den nach Kompression des Sinus sigmoideus entstehenden Kollateralkreislauf über die Sinus petrosi zum

Sinus cavernosus kann es zu einer venösen Rückstauung in die Orbita kommen. Dadurch kann es wiederum zum ein- oder beidseitigen Exophthalmus kommen.

Die kapillare Zirkulationsverlangsamung ist sehr schwer darzustellen. Ein überzeugendes Beispiel stellt jedoch nach Tönnis die kapillare Stauung in der Hypophyse dar. Als Ursache dafür müssen ein erhöhter Druck und eine Abflußbehinderung im Sinus cavernosus angesehen werden. Durch diese kapillare Stauung in der Hypophyse kommt es zu den röntgenologisch sichtbaren Sellaänderungen, die bei länger andauernden intrakraniellen Drucksteigerungen als Entkalkung und sekundäre Sellaerweiterung bekannt sind.

Zur örtlichen Arteriendrosselung kommt es nach Tönnis nur durch direkte Umwachsung des Gefäßes durch Tumoren. Als vermittelnder Faktor zwischen Hirn- bzw. Tumordruck und den dabei oft nachweisbaren Veränderungen an den Schädelknochen kann die Beeinflussung angesehen werden, welche der Hirndruck auf die Durchblutung der Dura und des Knochens ausübt (Süsse; 5,14).

7 Sinographie am Lebenden

Eine kontrastreiche und zusammenhängende Darstellung des Sinus sagittalis superior, seiner Abflußwege und retrograd auch der in ihn mündenden Venen liefert die direkte Sinographie (Treuckner; Scott; Ray, Onnbar und Dotter; Fischgold u. Oufarb; Neubach; Süsse). - Beim Kleinkind wird das Kontrastmittel durch die Fontanelle, später durch ein Bohrloch am Bregma in Stromrichtung und ohne hohen Druck in den oberen Längsblutleiter injiziert. Eine unter hohem Druck und gegen die Stromrichtung vorgenommene Injektion füllt dagegen das vordere Drittel des Sinus und seine Verbindung zu den Gesichtsvenen auf. In einigen Fällen füllen sich aus noch nicht näher bekannten Gründen zwischen dem oberen und unteren Längsblutleiter gelegene großflächige Venenetze auf, wodurch es zu einer plattenförmigen Darstellung der Falx cerebri und des Tentoriums kommt (Falco-Tentoriographie; Talairch u. Mitarb., Fischgold u. Mitarb.).

Diese Autoren erlebten jedoch Komplikationen, eine mit tödlichem Ausgang, und halten diese letzte Methode nicht für vertretbar.

Ray u. Mitarb. lokalisierten mit dieser direkten Sinographie Thrombosen des Sinus sagittalis superior und transversus zur Thrombektomie und verfolgten den Abfluß über die entwickelten Collateralbahnen.

Nach ihren Messungen normal 100-150 mm/Wasser betragenden Druck im Sinus fanden sie bei einer Sinusthrombose auf 450 mm erhöht, nach Thrombektomie war er auf 300 mm zurückgegangen, während das Sinogramm nach immer eine beträchtliche Erweiterung der angeschlossenen Venen zeigte. Für die Beurteilung intracranieller Prozesse hält Krayenbühl die direkte Sinographie für wenig befriedigend und bei frischen Thrombosen wegen der möglichen Verschleppung (Ellis) für gefährvoll; er empfiehlt dafür die arterio-venöse Sinographie, welche an Hand verzögerten Phasenablaufs und charakteristischer Füllungsdefekte im Serienangiogramm ausreichend Auskunft gibt. Huhn konnte damit bei acht von elf Hirnvenen- und Sinusthrombosen die richtige Diagnose stellen. Tönnis fand bei neun Kleinhirntumoren mit dieser Methode nur einmal eine Darstellung des Sinus sigmoideus, dagegen war in sechs Fällen der Sinus spheno-parietalis als Collateralbahn stark mit Kontrastmittel dargestellt (siehe 5,7). - Bei dieser indirekten Sinographie erfolgt eine verwertbare Darstellung der duralen und diploischen Venen gewöhnlich nicht, dagegen füllen sich die großen Sinus der Dura mater von den tiefen und oberflächlichen Hirnvenen her oder über die Vv. anastomoticae Labbé und Trolard. - Der Sinus cavernosus zeigt sich am cerebralen Angiogramm verwertbar gefüllt, wenn eine Kurzschlußverbindung zur Carotis interna besteht. Das Blut wird dabei vor allem über die Vv. ophthalmicae nach außen geführt. Seine direkte Darstellung erfolgt durch Injektion in die V. angularis, wobei die V. facialis und die Kopfschwartenvenen komprimiert werden. Es stellen sich die orbitalen Venen der Sinus cavernosus, Sinus petrosus inferior und Plexus pterygoideus dar, die zur Beurteilung intraorbitaler Veränderungen, Thrombosen oder Kompression des Sinus cavernosus, basaler Meningeomen und Epipharynxgeschwülste dienen können (Hayden und Gloning;

Gloning und Klausberger; David u. Mitarb., Bondet; Fischgold u. Mitarb.; Yasargil). Schobinger, Lessmann und Marchetta stellen den Plexus pterygoideus transossal durch Injektion in die Mandibula dar. Eine weitere Methode, die basalen Sinus und Plexus aufzufüllen, ist die retrograde Injektion in die V. jugularis interna durch einen vorgeschobenen Katheter (Ray und Dunbar).

Über die eigene Darstellung des Sinus sagittalis sup. sowie der frontalen Knochen-, Hirn- und Duravenen siehe Abschnitt 8.

8 Eigene Untersuchungen

Um weitere Einblicke in die venösen Zusammenhänge zwischen dem Sinus sagittalis superior und den Stirnhöhlen bzw. dem Stirnhöhlenareal zu gewinnen, wurden entsprechende Röntgenuntersuchungen nach Füllung des oberen Längsblutleiters mit Röntgenkontrastmittel an der Leiche durchgeführt. Die Untersuchungen wurden im Pathologischen Institut der Universität Marburg vorgenommen.*)

- 8,1 Methodik: An 30 Leichen beiderlei Geschlechts, deren Lebensalter im Mittel 60 Jahre betragen hatte, wurde die Kopfschwarte in üblicher Weise heruntergeklappt, danach jedoch anstelle der Abnahme der Kalotte zunächst nur ein occipitales Segment apfelsinenschalenartig herausgesägt. Dadurch blieb gewährleistet, daß das Hirn in etwa seine normalen Lagebeziehungen zum Areal der Stirnhöhlen beibehielt, und daß der vordere Anteil des Sinus sagittalis superior unverletzt blieb. Der entfernte Kalottenanteil bestand somit aus Anteilen des Planum occipitale und beider Scheitelbeine. Es wurde darauf geachtet, daß bei der Ablösung die darunter gelegene Dura nicht bzw. möglichst wenig verletzt wurde. Der Sinus sagittalis sup. wurde daraufhin durch eine Stichincision eröffnet und Blut und Gerinnsel durch leichten Druck auf die freigelegte Dura - Hirnpartie zum Austritt gebracht. Für die folgenden Untersuchungen erwies es sich als günstiger, die Leiche jetzt auf die Bauchseite zu drehen, wodurch zugleich ein gewisser Druck der vorderen Hirnpole auf die Hinterwand des Stirnhöhlenareals aufrechterhalten wurde. Durch die Stichincision wurde sodann ein Kunststoffschlauch (Länge: 38 cm, Durchmesser 4 mm) in den Sinus sagittalis sup. eingeführt und in ihm blind bis zum Anstoß nach vorn geschoben. Bei regelrechter Lage befand sich jetzt

das freundliche Entgegenkommen und die Beratung bin ich dem Direktor, Herrn Prof. Dr. Peter Gedigk und seinem Oberarzt, Herrn v.-Doz. Dr. Gerhard Korb zu großem Dank verpflichtet.

die Katheterspitze im vorderen Ende des Sinus sagittalis sup., d.h. dicht oberhalb des Firstes der Stirnhöhlen. Mehrfach behinderten die Septen und Granulationen innerhalb des Blutleiters das Vorschieben des Katheters, wodurch die Vorschiebtiefe zwischen 2 und 15 cm individuell sehr verschieden war. Die Spitze des Schlauches war vorn gerundet, um die Gefahr der Perforation herabzusetzen. Seine Öffnung lag daher seitlich, dicht hinter seiner Spitze. -

Es folgte eine Röntgenleeraufnahme der Stirnhöhlen mit posterior-anteriorem Strahlengang. Sodann wurden 10 - 20 ml einer dünn mit Wasser angerührten Bariumsulfataufschwemmung mittels einer Injektionsspritze langsam, ohne größeren Druck und unter Vermeidung von Luftbeimischungen in den bereits mit Kontrastmittel gefüllten Katheter injiziert. Bei den anschließenden Röntgenaufnahmen ließen wir anfangs den Katheter im Blutleiter liegen; später zogen wir ihn vor den Aufnahmen heraus und verschlossen, um ein Auslaufen des Kontrastmittels zu vermeiden, den Sinus durch einen Kunststoffpfropfen, der in der Stichincision infolge seiner konischen Form abdichtend festgeklemmt wurde.

Nach den Röntgenaufnahmen wurde die restliche Kalotte durch den üblichen Sägeschnitt abgenommen und die Autopsie durchgeführt.

8,2

Aufnahmetechnik: An Aufnahmen wurden außer einer Leeraufnahme Füllungsaufnahmen des Schädels in 1. posterior-anteriorem, 2. frontalem und 3. occipito-oralem Strahlengang angefertigt. Versuchsweise wurden zahlreiche Aufnahmen auch in davon abweichenden Ebenen vorgenommen. Zur Verfügung stand eine Siemens-Kugel (60 kV, 10 mA). Die Aufnahmen wurden anfangs mit einem stehenden Feinraster geschossen, später ohne Raster mit einem Fokus-Film - Abstand von 75 cm durchgeführt. Die Kassetten wurden jeweils unmittelbar unter den Kopf gelegt bzw. neben den Kopf gestellt. Die Belichtungszeiten betrugen dann für sagittalen Strahlengang 1,2 Sek., für den

frontalen 1 Sek.. Infolge der besonderen Bedingungen konnten die Aufnahmeebenen vielfach nicht exakt eingehalten werden. Durch das Herunterklappen der Kopfschärte sowie durch die Entfernung des Kalottenteiles entstanden natürlich ungünstige Absorptionsverhältnisse, die für die Bildqualität nachteilig waren, aber in Kauf genommen werden mußten.

8,3 Einige Beobachtungen während der Injektionen:

In einem Falle wurde beobachtet, daß während der Injektion in den Sinus sagittalis sup. gleichzeitig Kontrastmittel durch ein rechtsseitiges Foramen parietale nach außen trat. In mehreren Fällen floß Kontrastmittel durch eine oder mehrere kleine Foramina des Os temporale nach außen ab.

Mehrere Untersuchungen waren nicht verwertbar, nachdem die Katheterspitze eine Via falsa durch die Granulationen des Sinus sagittalis sup. bzw. seiner lateralen Lakunen gebohrt hatte oder in Venae ascendentes eingedrungen war, und diese perforiert hatte; das Kontrastmittel war dann auf den folgenden Röntgenaufnahmen als neben dem Blutleiter liegendes Depot sichtbar.

In einigen anderen Fällen war ein erhöhter Füllungs-widerstand Anlaß, nur wenige ml des Kontrastmittels zu injizieren. Die anschliessenden Aufnahmen ließen die Zusammenhänge zwischen dem Sinus und den angeschlossenen Venen dann gewöhnlich nur ungenügend erkennen. Mehrfach auf den Röntgenaufnahmen sichtbare Füllungsdefekte sind durch Blutgerinnsel bedingt.

8,4 Darstellung des Sinus sagittalis sup. und der angeschlossenen Venen

8,41 Besonderheiten der Venenfüllung

Die Auswertung der Röntgenaufnahmen ergibt, daß die Topographie der gefüllten Venen sehr unterschiedlich ist. Zum Teil entspricht das den tatsächlich vorliegenden Verhältnissen; zum anderen aber erklärt es sich mit der Methode.

Lage des Katheters, Injektionsdruck, Blutgerinnsel, Menge des verbliebenen Hirnwassers u.a. bewirken eine unterschiedliche Gefäßfüllung. Wie bereits erwähnt, waren bei Rückenlage die Füllungen schlechter als in Bauchlage, wobei wahrscheinlich das Zurücksinken des Hirnes eine Rolle spielt und weiterhin bei Bauchlage auch die der Schwere des Kontrastmittels folgende Verteilung in die frontalen Venen günstiger ist.

Auf den erhaltenen Aufnahmen ist es vielfach schwer oder unmöglich, die verschiedenen Venenfüllungen einer bestimmten Hirn-, Dura- oder Diploevene zuzuordnen. Es macht sich immer wieder störend bemerkbar, daß genauere röntgentopographische Darstellungen der mit Kontrastmittel gefüllten Venen bisher noch fehlen. - Klärend hätten hier teilweise stereoskopische Aufnahmen wirken können, jedoch waren solche aus äusseren Gründen nicht möglich.

Der Versuch, die verschiedenen Venenschatten dadurch zu trennen, daß nach erfolgten Aufnahmen zunächst das Hirn, dann die Dura entfernt und schrittweise weitere Aufnahmen vorgenommen wurden, schlug fehl, weil aus den bei der Auslösung des Hirnes und der Ablösung der Dura zerrissenen Venen das Kontrastmittel austrat und die danach vorgenommenen Aufnahmen keine verwertbare Venenfüllung mehr erkennen ließen. Zu derartigen weiteren Untersuchungen wäre es daher zweckmässig, die Injektion mit einer Mischung aus gefärbter Leiminjektionsmasse und einem Röntgenkontrastmittel vorzunehmen.

Das vordere Ende des Sinus sagittalis superior

Das vordere Ende des Sinus sagittalis sup. löst sich in allen unseren Aufnahmen mit normal ausgebildeten Stirnhöhlen etwa 1/2-3 cm oberhalb des Stirnhöhlendaches in mehrere nach links und rechts abgehende frontale Hirn-, Dura- und Diploevenen auf. Diese ziehen meist in bogigem Verlauf nach lateral, wobei sie häufig die obere Stirnhöhlenbegrenzung, nur parallel verschoben, nachzuahmen scheinen (Abb. 11 b, Abb. 16 b, Abb. 23 b, Abb. 24). An einem Fall (Abb. 11 b) wird sehr schön sichtbar, wie Zweige dieser frontalen Venen an der oberen Stirnhöhlenbegrenzung, d.h. an ihren Buchten und Vorsprüngen mit feinsten gespinstartigen Knochenvenen entlangziehen und wie rechts ein feiner Ast in das Septum der unvollständig gekammerten Stirnhöhle eindringt.

Die Zahl der in das vordere Sinusende einstrahlenden Venen ist unterschiedlich, ohne daß wir bislang eine deutliche Gesetzmässigkeit finden konnten.

Oft zweigt sich der Sinus auch, verschieden weit von dem Stirnhöhlenfirst entfernt, in mehrere gleich starke, nach allen Richtungen ziehende Venen auf (Abb. 12 b und Abb. 19a). Man könnte diese seine Endverzweigung am ehesten mit Polypenarmen oder Baumwurzeln vergleichen. In den beiden letzten Fällen weicht der Hauptteil des Sinus sagittalis sup. an seinem frontalen Ende nach rechts ab und scheint in einer Lacuna lateralis zu enden, die die frontalen Vv. ascendentes und Duravenen sammelt. Caudal dieser Verzweigung stellt sich ein nur noch dünner Venenfaden dar, der die Richtung des Sinus beibehaltend, zum Stirnhöhlenareal herabzieht und sich hier ebenfalls auffasert, und zwar in feinste Venengespinnste.

Eine der oben erwähnten, am frontalen Sinusende bogig von lateral her einlaufenden Vv. ascendentes oder Duravenen erreicht fast immer ein- oder beidseitig einen Venensammelpunkt im Bereich des Pterion bzwl im Bereich der Basis der Fissura Sylvii, welcher auf fast allen Aufnah-

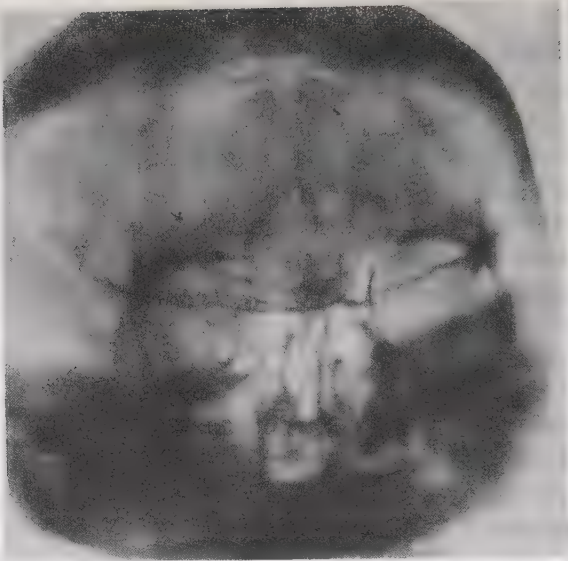


Abb. 11

Direkte Sinographie (Leiche)

- a) Leeraufnahme: Mittelgroße Stirnhöhle beiderseits, links septiert. Zarte Diploevene rechts (→)

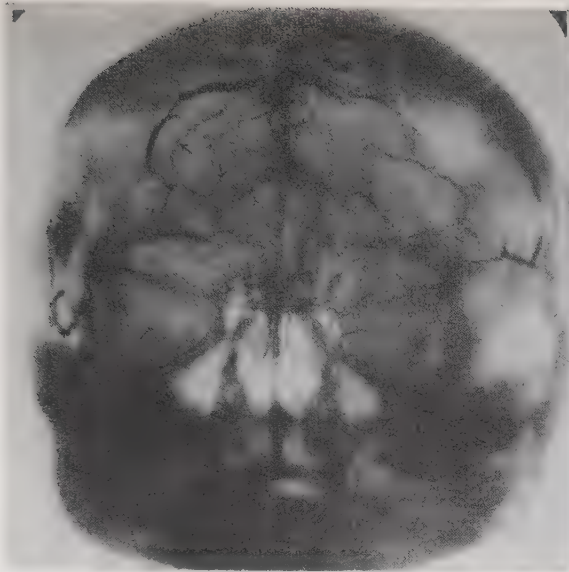


Abb. 11

- b) Gipfel der Stirnhöhlen bis zur vorderen Spitze des Sinus sag. sup. reichend. Li. umgreift die frontale Hirnvene das Areal der Stirnhöhle. Re. außer der Hirnvene noch eine frontale Diploevne ($\rightarrow$), die zum Pterion zieht (und offenbar im Knochen das Foramen spinosum erreicht oder aber sich bereits am Pterion mit den Vv. meningeae verbindet) und den Plexus pterygoideus füllt. Oberhalb der Orbita gibt sie einen Ast zur Stirnhöhle ab, der im Knochen gelegen, die obere Kontur der Stirnhöhle als Randsinus umgibt ($\rightarrow$).

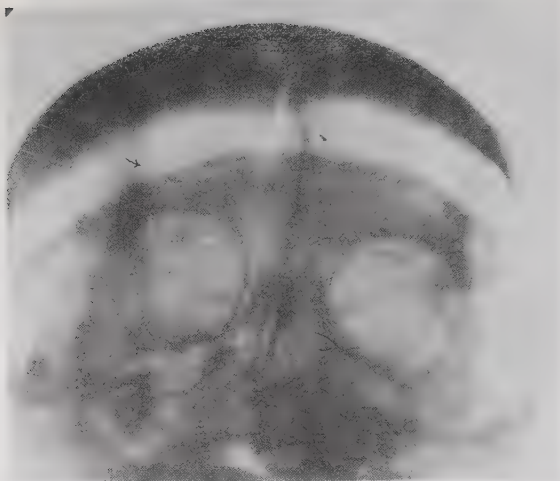


Abb. 12 Direkte Sinographie (Leiche)
a) Leeraufnahme: nur rechts kleine Stirn-
höhle. Zarte frontale Diplovene
rechts (→).

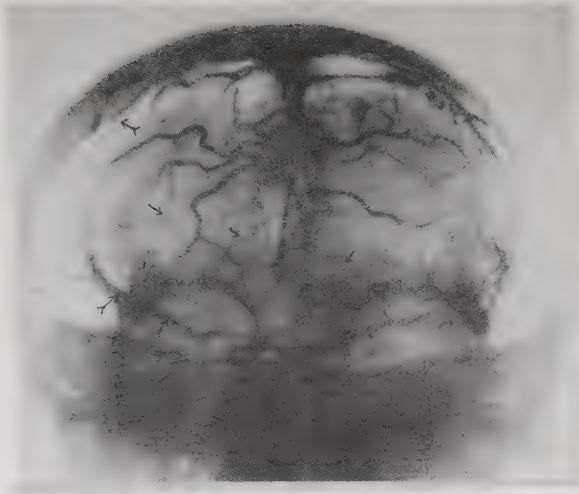


Abb. 12

- b) Vorderansicht: Sinüsspitze hoch gelegen. Frontale Vv. ascendentes und gefüllte Diploevenen (→) zur oberen Orbitakante. Entlang der Kranznaht Venen (Vv. meningae mediae ?) zum Pterion, von hier z.T. zur Schläfengrube, z.T. entlang den Alae parvae zum Sinus cavernosus (➤➤).

men sichtbar wird (Abb. 11b, Abb. 12b, Abb. 13a, Abb. 14b, Abb. 16b, Abb. 19b, Abb. 21, Abb. 23b, Abb. 24). S. auch 5,31.

Dieser Venensammelpunkt steht auf diese Weise direkt oder über zahlreiche Anastomosen indirekt (Abb. 13a, Abb. 19b, Abb. 22a, Abb. 23b) in Zusammenhang mit dem Sinus sag. sup. Häufig sieht man auch nicht injizierte Knochen- bzw. Duravenen zu dieser Sammelstelle herabziehen, deren Verlauf oft dem der sich dort befindlichen Hirnvenen ungefähr entspricht (Abb. 16a, Abb. 18, Abb. 19a, Abb. 23a, Abb. 26a).

Auf der Abb. 14a und b sieht man z.B. eine parallel zum rechten oberen Orbitarand verlaufende, sich teils gefüllt, teils ungefüllt darstellende Vene, die mit dem Sinus sagittalis sup. kommuniziert und zu der Gegend des kleinen Keilbeinflügels zieht. Diese Vene dürfte, da sie sich schon ungefüllt darstellt, eine Diploevene sein.

Wie aus mehreren Aufnahmen hervorgeht (Abb. 13b, Abb. 14c, Abb. 15, Abb. 16c, Abb. 18, Abb. 22b, Abb. 26c) tangiert das vordere Sinusende, meist nur noch von fadenförmigem Kaliber, die hintere Stirnhöhlenwand und dringt mit zarten Fortsätzen auch in den Stirnbeinknochen ein. Auf der Abb. 13b erkennt man deutlich sich vom vorderen Sinusende aus füllende Stirnhöhlenvenen, die die Stirnhöhle durchsetzen, um mit einer äusseren Schädelvene zu kommunizieren. Außerdem stellen sich zarte, die obere und untere Stirnhöhlenbegrenzung durchziehende Venengespinnste dar. In Abb. 15 sind die Diploe oberhalb des Stirnhöhledaches und ein am Dach der Stirnhöhle in den Knochen eindringender Venenast dargestellt. In der Abb. 16 sieht man schon auf der Leeraufnahme einen 2-3 cm oberhalb der Stirnhöhle gelegenen aufgehellten Bezirk im Knochen. Bei der Füllung vom Sinus sagittalis sup. her stellt sich hier eine grobmaschige Diploe dar, ebenso wie an der Stirnhöhlenhinterwand herabziehende Venen. In Abb. 26c reicht das vordere Sinusende sich mehr und mehr verdünnend ebenfalls weit hinunter, wobei oberhalb des Stirnhöhledaches im Knochen vom Sinus her gefüllte Venen

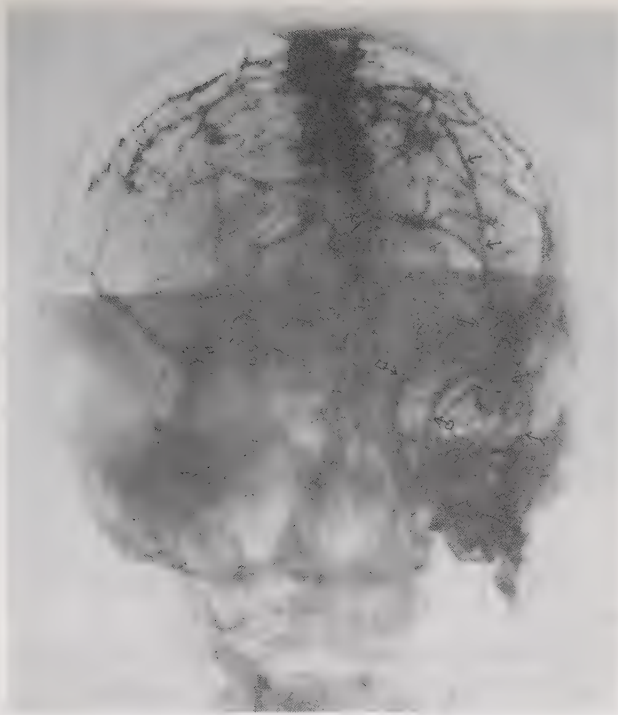


Abb. 13 Direkte Sinographie (Leiche)

a) Vorderansicht: Vordere Hirnvene, die dicht links der Mittellinie zur Siebbeinplatte herabzieht und Äste parallel zur linken, kleinen Stirnhöhle abgibt. Ungewöhnlich lang dargestellte Diploevenen zwischen Sinus sag. sup. am Scheitel und oberen Orbitakanten, links stärker (→). Ausgeprägte Füllung des Venensammelpunktes am Pterion links. Von hier aus Venen: 1) an der lateralen Wand der mittleren Schädelgrube abwärts (↘), 2) entlang der Keilbeinflügelkante, in deren Mitte zum Boden der mittleren Schädelgrube biegend (○→), 3) Füllung des Sinus cavernosus (◻→). Starke Füllung des Sinus pterygoideus links.

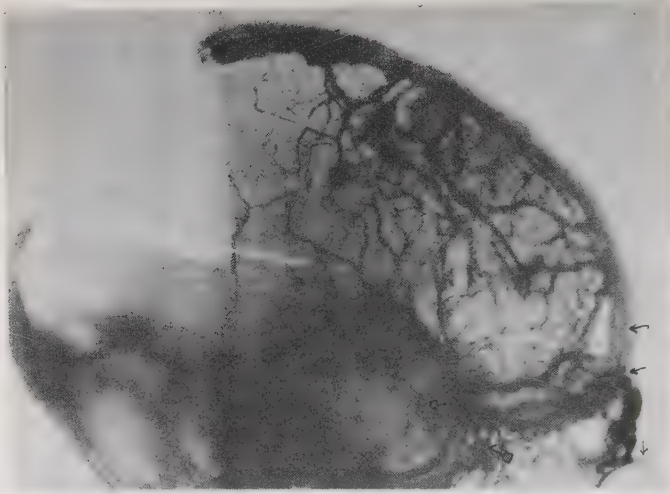


Abb. 13

b) Seitenansicht: Große Vene in der Fissura Sylvii zum Boden der mittleren Schädelgrube ($\circ \rightarrow$). Ausgedehnte Diploevenenfüllung oberhalb und in der Vorderwand der Stirnhöhlen ($\rightarrow$). Von hier aus Füllung der V. angularis ($\rangle \rightarrow$), bzw. äußerer Nasenvenen. Intraorbitale Venen gefüllt ($\square \rightarrow$).

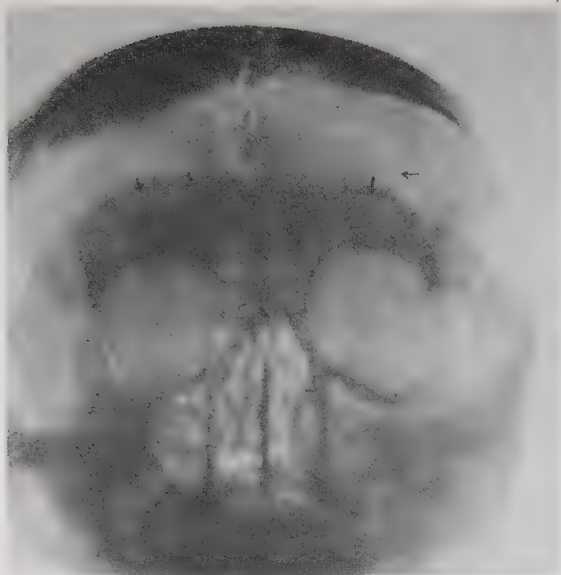


Abb. 14 Direkte Sinographie (Leiche)

a) Leeraufnahme: sehr kleine Stirnhöhlen, von Siebbeinzellen ausgehend. Betonte frontale Diploevenen, parallel zur oberen Orbitakante, zu den Schläfengruben (→).

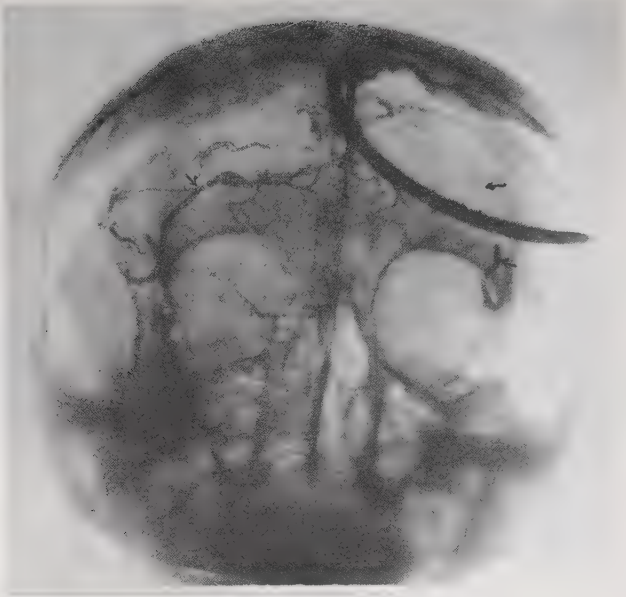


Abb. 14

- b) Vorderansicht: Sinus sag. sup. vorn extrem spitz und dünn. Nach den Seiten gehen, wie die Diploevenen in a), breite Venen zu den Schläfengruben (→), rechts von hier aus den Plexus pterygoideus füllend. Zur Nasenwurzel ziehen feinste Venen (Vv. ethmoidales anteriores ?); von hier aus intraorbitale Venen (V. lacrimalis) zur Schläfengrube.

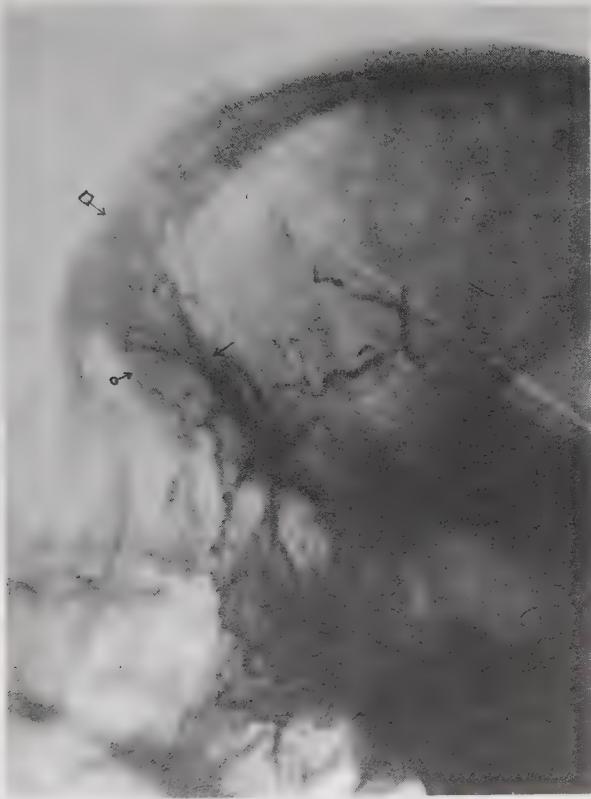


Abb. 14

- c) Seitenansicht: Oberhalb der Stirnhöhlen breite Gefäßverbindung zwischen Sinus sag. sup. und Diploe (□→). Zarte Venen an Hinterwand der Stirnhöhlen (Vv. ethmoidales ? ○→). Die langen supraorbitalen Diploe-venen füllen (→) Schläfengrube, (→) Plexus pterygoideus.

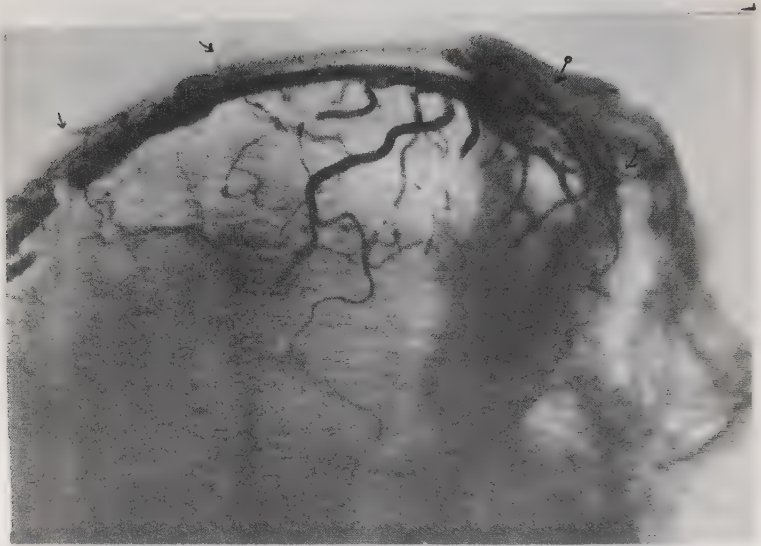


Abb. 15 Direkte Sinographie (Leiche)

Vom Sinus sag. sup. zahlreiche Knochenvenen in die Diploë (→). Kontrastmittelausbreitung innerhalb der frontalen Diploë (○→) unmittelbar über den Stirnhöhlen, fraglich in eine gefüllte Vene innerhalb der Stirnhöhlen übergehend (↔).

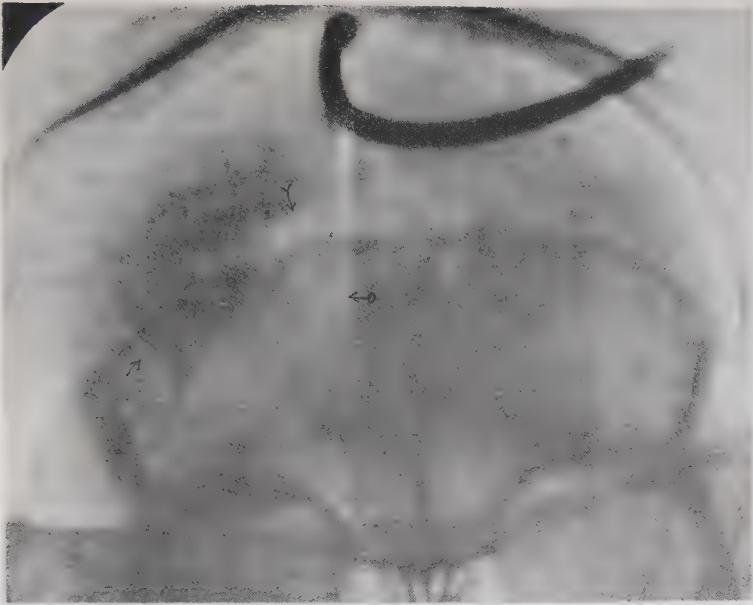
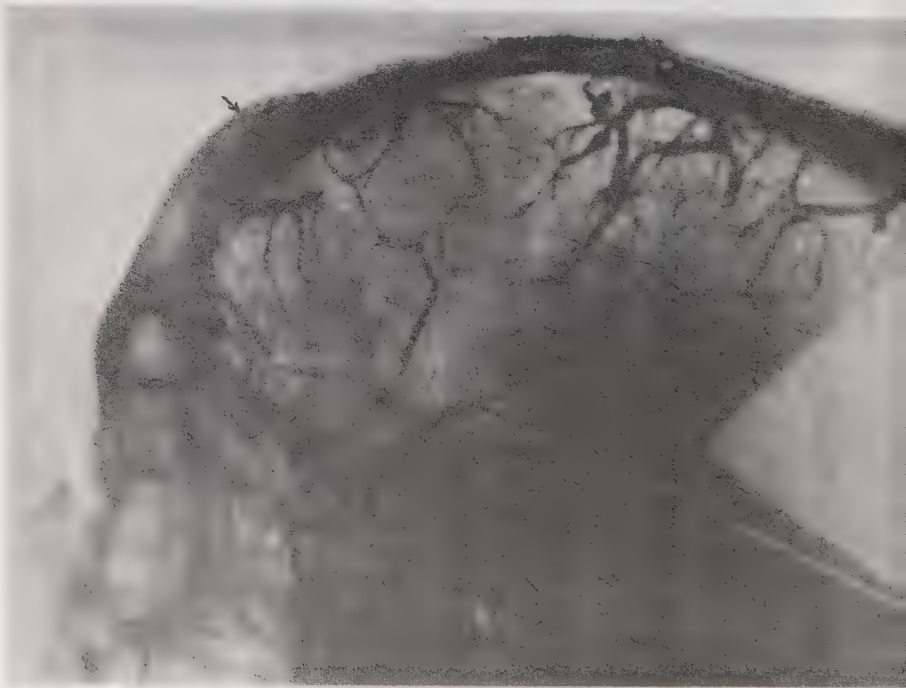
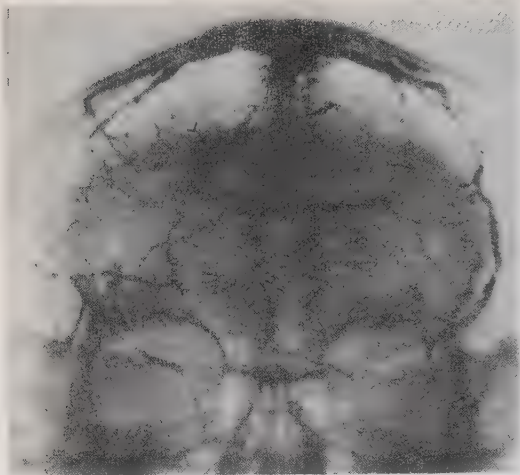


Abb. 16 Direkte Sinographie (Leiche)

- a) Leeraufnahme: Der Katheter ließ sich im Sinus sag. sup. nur wenig vorschieben. Seine Spitze liegt weit über den Stirnhöhlen. Luft im Vorderende des Sinus ($\circ \rightarrow$). Frontale Diploevenen ($\rightarrow$), Foveolae granulares ($\rightarrow$).

Abb. 16

b) Vorderansicht: Kontrast-
mitteleintritt in Foveola
granulares ($\rightarrow$). Eine
ne, wahrscheinlich innerh
der Diploe, bildet exakt
Teil der Kontur der recht
Stirnhöhle ($\Rightarrow$).
Vv. meningeeae medicae part
gefüllt, z.B. links.



bb. 16

) Kontrastmittel in der Diploe ($\rightarrow$), Diploevine entlang der Stirn-
höhle ($\Rightarrow$).

sichtbar werden. Auch in Abb. 22b zieht der Sinus sag. sup. zur Stirnhöhlenhinterwand herab und gibt Äste an diese und auch an die Stirnhöhlenvorderwand ab. In Abb. 14c wird eine dicke knotige Füllung des Stirnbeinknochens oberhalb der Stirnhöhle sichtbar, von wo aus sich feinste Gefäße im Knochen verlieren. Venen feinsten Kalibers sieht man ebenfalls an der hinteren Stirnhöhlenwand. In einem Fall (Abb. 17) füllte sich vom Sinus sagittalis sup. aus eine Nasenvene, was für die Ansicht von Hyrtl spricht, daß eine Verbindung zwischen Sinus sagittalis sup. und Nasenvenen auch beim Erwachsenen besteht. Siehe auch 5,62.

Auf den Abb. 12b und 13a sieht man in der rechten bzw. linken Schädelhälfte eine sehr feinkalibrige Vene, die eine Kommunikation zwischen dem Foramen suporbitale lat. und einer am frontalen Sinusende mündenden Vene herstellt. Auf der Leeraufnahme wird diese Vene ebenfalls sichtbar. Es könnte sich hier um ein in 4,23 näher beschriebenes Emissarium frontale handeln.

Der Sinus sagittalis sup. ist natürlich nicht nur im Stirnhöhlenbereich, sondern auch weiter scheitel- und occipitalwärts an vielen Stellen mit dem Kalottenknochen verbunden, in den er kurze, z.T. relativ dicke Äste entsendet. (Abb. 15, Abb. 16c, Abb. 18, Abb. 19c, Abb. 21, Abb. 23c).

So ist auch röntgenologisch der innige gefäßtopographische Zusammenhang zwischen dem Sinus sagittalis sup. und der Diploe bewiesen. Es ist damit gesichert, daß die Durchblutung der Diploe und die Strömungsverhältnisse innerhalb des Sinus sag. sup. auch in hämodynamischer Hinsicht eine funktionelle Einheit bilden.



Abb. 17 Direkte Sinographie (Leiche)

Die etwa parallel zu den Stirnhöhlen verlaufenden frontalen Hirnvenen (→) ziehen auf der Seite der größeren rechten Stirnhöhlen weiter dorsal als auf der linken Seite, wo auch die Stirnhöhle kleiner ist. Auf die Nasenwurzel projiziert sich der Zusammenfluß der Vv. cerebri internae. Es füllen sich venöse Plexus im Nasenseptum und in der rechten oberen Nasenmuschel (●→).

Die Venae meningae mediae (siehe 5,7)

Die Duravenen begleiten meist doppelt die Zweige der gleichnamigen Arterien. Daher werden sie im Röntgenbild öfters als zwei mehr oder weniger schienenartig nebeneinander verlaufende Venen sichtbar. Die wichtigsten Duravenen stellen die Vv. meningae mediae dar, die immer Verbindungen zum Sinus sagittalis sup. aufnehmen und zum kleinen Keilbeinflügel herabziehen. Ihre Ausbildung ist jedoch sehr unterschiedlich. Sie können unauffällig sein, können aber auch in betonten oder geflechtartigen Sulci (Abb. 18) oder auch als breiter gleichmässiger Sulcus (Abb. 11b) ausgebildet sein.

Zu der Diskussion über die Vv. meningae sive Sinus sphenoparietalis sive Vv. bregmaticae seien hier einige eigene Beobachtungen hinzugefügt. Auf mehreren Bildern werden vom Bregma herabziehende paarig verlaufende Vv. meningae deutlich, die der Gegend des Pterion zustreben, also in das Gebiet, wo ja auch in der Fissura Sylvii die frontalen Vv. ascendentes münden (siehe 8,42).

In einem Fall (Abb. 12) verlaufen besonders bei frontalem Strahlengang sichtbare doppelt konturierte Vv. bregmaticae zum kleinen Keilbeinflügel. Beiderseits ziehen zarte vertikal verlaufende Gespinste durch die Schädelbasis zum Plexus pterygoideus, und beiderseits stellen sich die von Lindblom beschriebenen Sinus alae parvae dar, die der V. cerebialis superficialis nach Ferner-Kautzky und der Veine sylvienne superficielle nach Testut und Latarjet in etwa entsprechen. Vor allem der linke Sinus erscheint paarig. Die Anastomosen zwischen dem mit den Bregmavenen kommunizierenden Sinus alae parvae und dem Sinus cavernosus sind in diesem Falle beiderseits, wenn auch nicht ausgeprägt, so doch vorhanden, sodaß man von einem Sinus sphenoparietalis im Sinne Lindbloms in diesem Falle sprechen könnte. Dagegen spricht jedoch das geringe Kaliber dieser Gefäße.

Das Gleiche gilt für die Abb. 19. Hier wird auf der

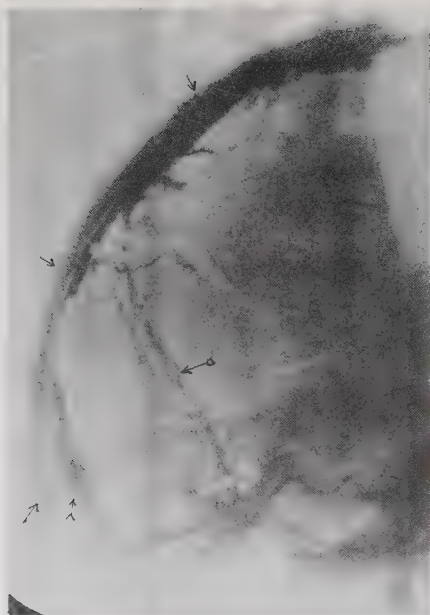


Abb. 18 Direkte Sinographie (Leiche)
Gefüllte Vv. bregmaticae ($\bigcirc \rightarrow$), Diploe-
venen ($\rightarrow$) und zarte diploische Rand-
schlingen um die Stirnhöhlenwand ($\curvearrowright \rightarrow$).

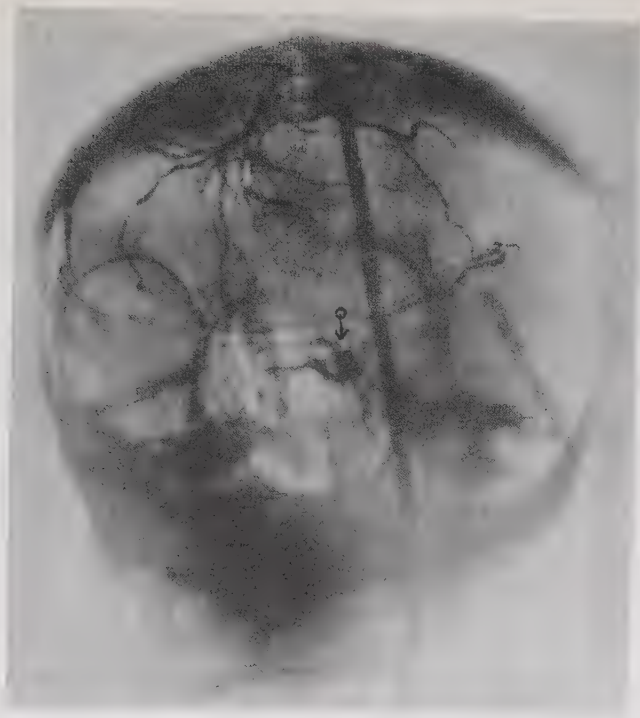


Abb. 19 Direkte Sinographie (Leiche)

- a) Halbschräge Vorderansicht: Gipfel der Stirnhöhlen unmittelbar unterhalb der Aufzweigung des Sinus sagittalis superior. Hirnvenenverbindung zur V. cerebrealis superficialis(bzw. Sinus alae parvae), die entlang der Ala parva zum Sinus cavernosus () zieht.



Abb. 19

- b) Nach stärkerer Kontrastmittelinjektion Sinus cavernosus beiderseits gefüllt. Über den Plexus basilaris und weiter durch das Foramen magnum sowie durch den Boden der mittleren Schädelgrube füllen sich die paravertebralen Venenplexus und die Plexus pterygoides auf.

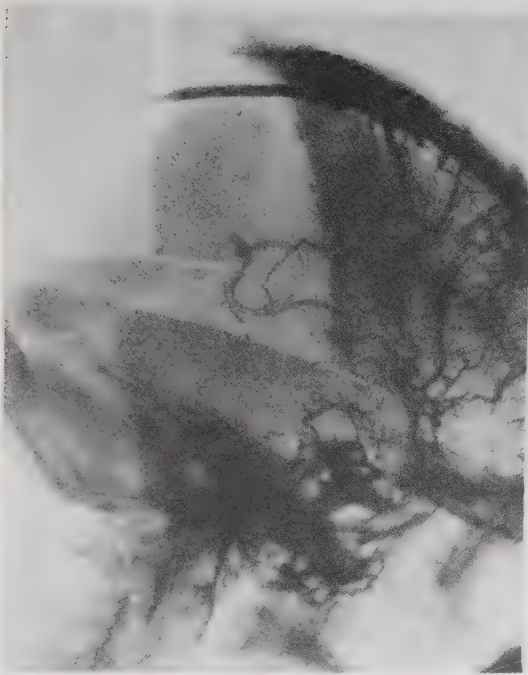


Abb. 19

c) Zugehörige Seitenansicht

linken Bildseite eine deutliche Kommunikation zwischen Sinus alae parvae bzw. V. cerebialis superficialis und Sinus cavernosus sichtbar. In den Sinus alae parvae münden vom Bregma herabziehende Venen. Auf der rechten Bildseite sieht man eine deutlich ausgebildete Bregmavene über eine äusserst zarte V. cerebri superficialis am kleinen Keilbeinflügel entlang Verbindung mit dem Sinus cavernosus aufnehmen. Der Sinus cavernosus zeigt hier vor allem mannigfache Verbindungen über die oberflächlichen Hirnvenen mit dem Sinus sagittalis sup. Er kommuniziert mit dem gleichnamigen Sinus der anderen Seite. Von beiden Sinus aus sind durch die Schädelbasis hindurch beide Plexus pterygoidei dargestellt. Links füllen sich über den Plexus basilaris und weiter durch das Foramen magnum die paravertebralen Venenplexus auf. Ebenso ist auf Abb. 20 ein deutlicher den Sinus cavernosus mit den Bregmavenen verbindender Sinus alae parvae dargestellt. Auf der Abb. 21 sieht man eine vom Bregma bis in die Gegend des kleinen Keilbeinflügels herabziehende paarig verlaufende V. meningea media, in die auch paarige kleinere Vv. meningae einmünden. Da die Füllung für das a.p.Bild leider mißlang, sind keine Aussagen über eine etwaige Kommunikation mit dem Sinus cavernosus zu machen. Man erkennt aber auf dem a.p.Bild, wie die V. meningae media einen Ast in den temporalen Schädelknochen abgibt, und wie sie sich zur Schädelbasis hin immer weiter auffasert, um schliesslich immer noch gedoppelt in die Gegend des Plexus pterygoideus zu ziehen.

In der Mehrzahl der Fälle waren jedoch keine Kommunikationen zwischen Bregavenen und Sinus cavernosus sichtbar gefüllt. Stattdessen stellt sich eine, am kleinen Keilbeinflügel nach medial ziehende, manchmal großkalibrige Vene dar, die scharfbogig nach unten durch den Boden der mittleren Schädelgrube zu dem Plexus pterygoideus zieht und meist keine Verbindung zum Sinus cavernosus aufnimmt. Diese Vene wird im Begleittext der Bilder meist als Sylvische Vene gekennzeichnet.

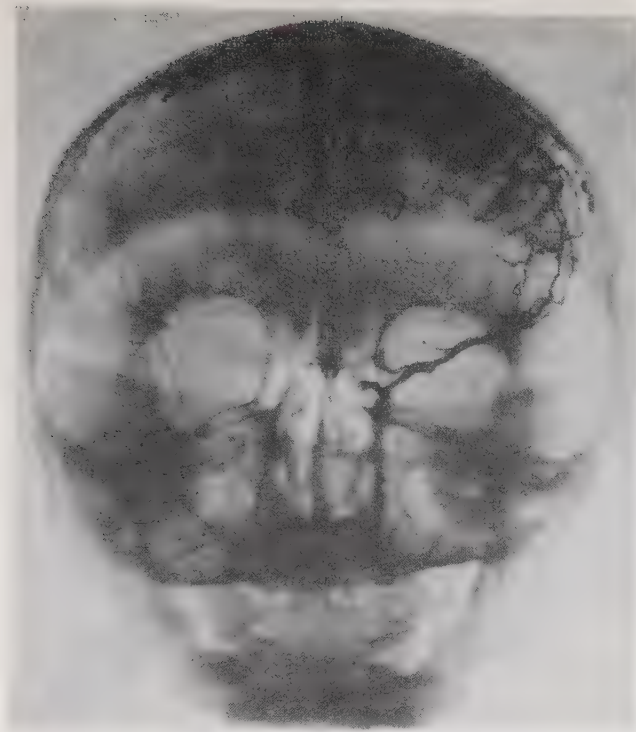


Abb. 20 Direkte Sinographie (Leiche)

- a) In Vorderansicht dichtes Netz oberflächlicher Hirnvenen und wahrscheinlich auch duraler Bregmavenen, die am Pterion in eine größere, an der kleinen Keilbeinflügelkante entlang und in den Sinus cavernosus ziehende Vene münden (= Sinus sphenoparietalis bzw. Sinus alae parvae)

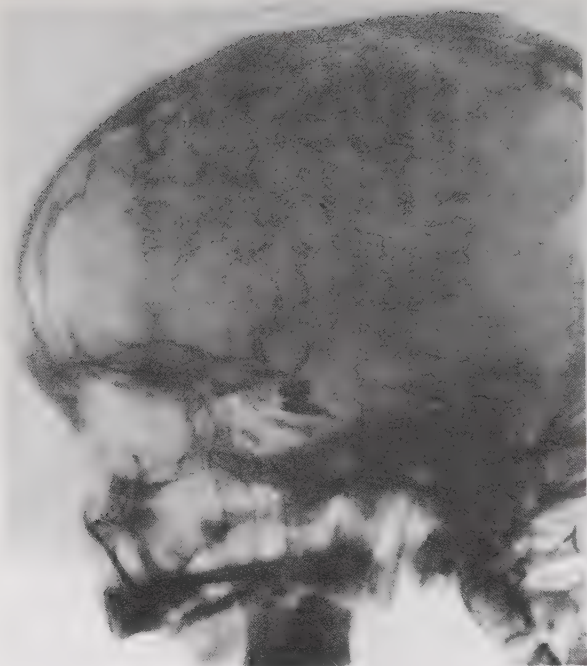


Abb. 20

b) Seitenansicht

Füllung des Sinus cavernosus über oberflächliche Hirnvenen und vielleicht auch durale Bregmavenen.



Abb. 21 Direkte Sinographie (Leiche)

Im Seitenbild zahlreiche Vv. ascendentes, die z.T. gedoppelt verlaufen (Vv. meningeae mediae (→)). Plexusbildung am Pterion (Y→). Schräge Verbindung zwischen Venen des Pterion und dem Sinus sagittalis sup. (○→). Kleine septierte Stirnhöhlen.

So sieht man auf der Abb. 22a eine basalwärts an Dicke zunehmende Vene, die großkalibrig durch die Schädelbasis zum Plexus pterygoideus zieht, aber keine Verbindung zum Sinus cavernosus zeigt. Ebenso besteht auf der Abb. 23b keine Kommunikation des Sinus cavernosus mit dieser rechtsseitig äußerst stark ausgeprägten Vene, die am kleinen Keilbeinflügel in bogigem Verlauf durch den Boden der mittleren Schädelgrube zum Plexus pterygoideus zieht, und die auch mit den zur Fissura Sylvii strebenden vorderen Hirnvenen Verbindung aufnimmt. Auch auf der Abb. 24 sieht man diese Vene als dicken Stamm zum Plexus pterygoideus ziehen, hingegen stellt sich nur eine unscheinbare Verbindung zum Sinus cavernosus dar. Auf der Abb. 13a jedoch sieht man einen sich von frontalen Hirn-, Diploe- und Duravenen füllenden Venensammel punkt an der linken, lateralen, oberen Orbitakante, von wo aus sich wiederum die eben beschriebene zum Plexus pterygoideus ziehende Vene großkalibrig füllt. Oberhalb dieser Vene gelegene bedeutend feinere Anastomosenvenen ziehen ebenfalls von dieser Sammelstelle zum Sinus cavernosus. In Abb. 18 werden paarig verlaufende Bregmavenen, in die wiederum paarige Äste feineren Kalibers münden, sichtbar. Bei a.p. Strahlengang ist auf dem Röntgenbild jedoch keine Verbindung zum Sinus cavernosus vorhanden. Für die Abb. 11b gilt das gleiche.

Anhand des hier vorhandenen Bildmaterials kann man sagen, daß die Bregma- und frontalen Hirnvenen fast immer, individuell allerdings sehr verschieden ausgeprägt, durch die Schädelbasis hindurch mit dem Plexus pterygoideus kommunizieren. Eine direkte Verbindung der Bregmavenen zum Sinus cavernosus war dagegen nur in drei unserer Fälle nachzuweisen.

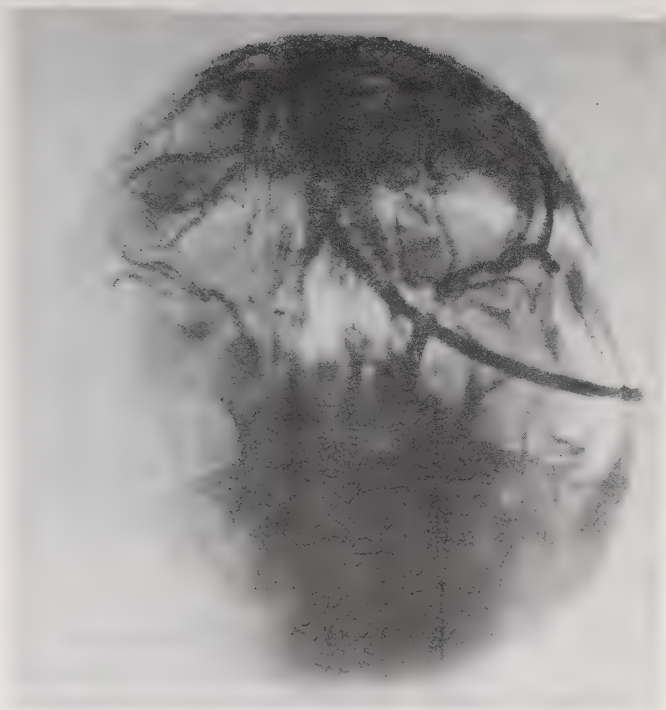


Abb. 22 Direkte Sinographie (Leiche)

- a) Zahlreiche Vv. ascendentes. Die beidseits entlang der Kranznaht ziehenden Venen sind z.T. wohl Hirn-, z.T. Duravenen, die schließlich entlang den Alae parvae zur Mitte in die mittlere Schädelgrube ziehen.

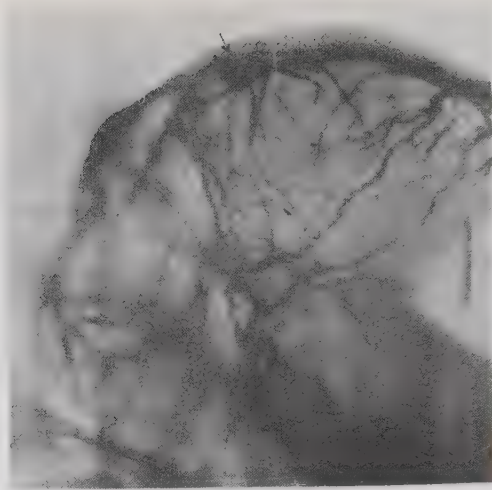


Abb. 22

- b) Seitenansicht: Tiefe Gefäßgruben oberhalb der Stirnhöhlen (Pacchionische Granulationen), mit Ausbreitung des Kontrastmittels in die Diploe (→). Zarte Venen entlang der Hinterwand der Stirnhöhlen und über der hohen supraorbitalen Pneumatisation.

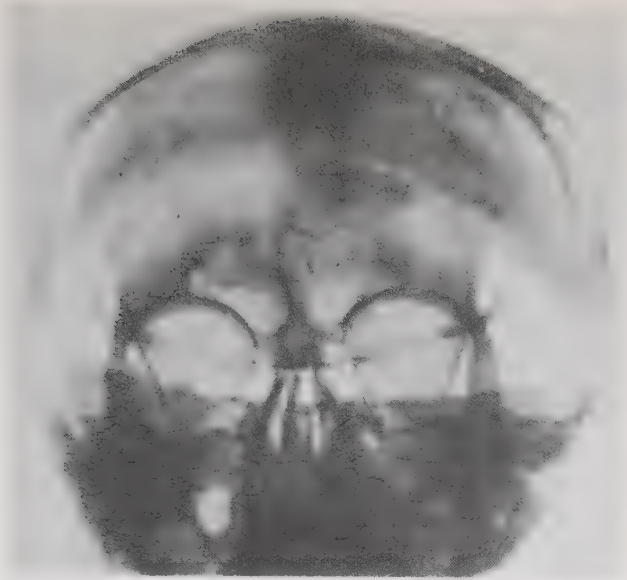


Abb. 23 Direkte Sinographie (Leiche)

a) Leeraufnahme: Etwa symmetrische mittelgroße Stirnhöhlen. Im Sinus sag. sup. liegender Drain.



Abb. 23

- b) Vorderansicht: Ausgedehnte Füllung der frontalen Vv. ascendentes, deren vorderste horizontal hinter den Stirnhöhlen verlaufen. Re. füllt sich die Sylvische Vene (s. 10,9), die an der Ala parva entlang zieht, um in deren Mitte scharf nach unten zu biegen und durch den Boden der mittleren Schädelgrube in den darunter gelegenen Plexus zu ziehen. Zarte Diploevenen schlingen sich um die Kontur der rechten Stirnhöhle, die auch in die zarten Knochensepten hineinziehen.

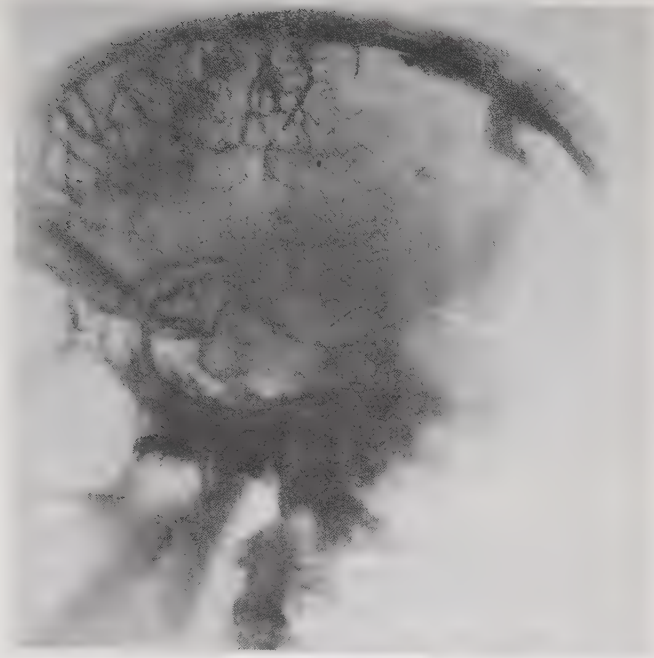


Abb. 23

c) Die Sylvische Vene aus Abb. b im Seitenbild
mit Füllung des Plexus unterhalb der mitt-
leren Schädelgrube.

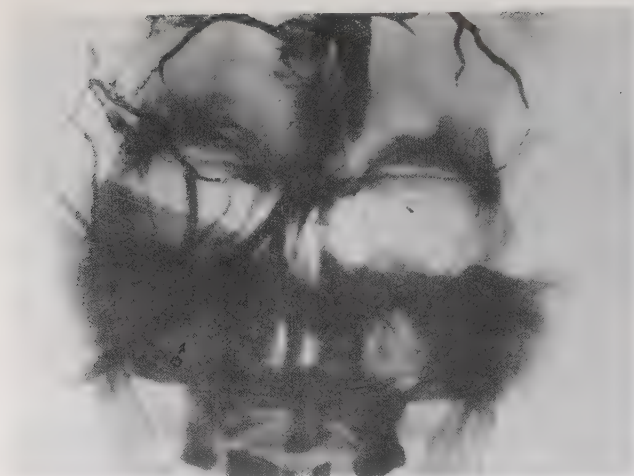


Abb. 24 Direkte Sinographie (Leiche)

Die frontalen Vv. ascendentes verlaufen fast exakt parallel zur Kontur der beiden Stirnhöhlen. Rechts füllt sich die Sylvische Vene (10,9), läuft ein Stück an der Ala parva entlang, biegt dann scharf nach unten um, durchbricht den Boden der mittleren Schädelgrube (durch Foramen spinosum ?) und füllt den extrakranialen Plexus ($\circ \rightarrow$) unter der Schädelbasis auf.

8,44 Hirnvenen (siehe 5,31 und 5,32)

auf fast allen Bildern stellen sich in den Sinus sag. sup. einmündende Vv. ascendentes bzw. deren Endstrecken dar, und zwar in sehr unterschiedlicher Zahl und Größe, was einmal von den mehr oder minder gut gelungenen Füllungen abhängt. Dazu kommen noch große individuelle Unterschiede. Jedoch sind auch die Differenzen zwischen rechter und linker Schädelhälfte, was die Vv. ascendentes betrifft, zuweilen beträchtlich. In der Abb. 12b z.B. befindet sich die Hauptmasse der gefüllten Hirnvenen auf der rechten Seite, während links die Durchblutung im Stirnhöhlenareal viel geringer erscheint. Vielleicht ergibt sich hieraus eine Beziehung zwischen dem Ausmaß der Gefäßversorgung und der Größe der Stirnhöhlen (siehe 8,5).

In einigen Fällen stellt sich eine dem Sulcus centralis entsprechende V. centralis Rolandi als besonders stark ausgebildete oberflächliche Hirnvene dar. (Siehe Abb. 16c, Abb. 21, Abb. 22b und Abb. 23c). Weickmann setzt diese Vene auf Phlebogrammen mit der vertikalen V. anastomotica Trolard gleich, d.h. die V. centralis Rolandi mündet danach in den Sinus cavernosus. Dem entspricht die Abb. 22b. Auch auf Abb. 21 sieht man deutlich eine stark ausgebildete V. Rolandi in den Sinus cavernosus münden.

In zwei Fällen (Abb. 25) füllt sich auch die horizontale V. anastomotica Labbé, die das Gebiet der Fissura Sylvii mit dem Sinus transversus verbindet.

Die Venensituation der Fissura Sylvii läßt sich mit unserem Bildmaterial nicht exakt klären. Die V. cerebri superficialis sive Sinus alae parvae (Lindblom) wird auf den Abb. 12b, 19b und 20a sichtbar und wurde schon im Kapitel 8,43 besprochen. In einem weiteren Fall (Abb. 17) sieht man ebenfalls eine entsprechende Vene zum Sinus cavernosus ziehen.

Zuweilen wird aber vom Sinus sag. sup. aus auch ein

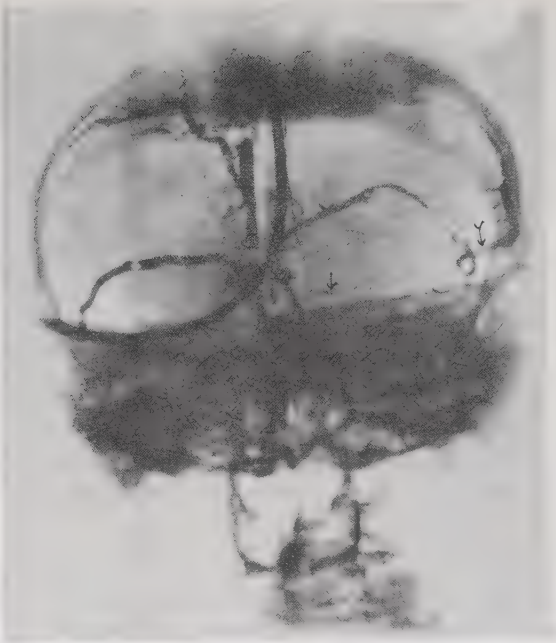


Abb. 25 Direkte Sinographie (Leiche)

a) Hypoplasie der Stirnhöhlen. Nur wenige Vv. ascendentes gefüllt. Zarte Diploevenen li. (→). Frontale Vene links horizontal nach hinten ziehend (= Labbé'sche Vene- ➤→).



Abb. 25

b) Occipito-mentale Aufnahme: Die V. anastomotica Labbé links (↗). Die Diploevene links im Knochen verlaufend (→).

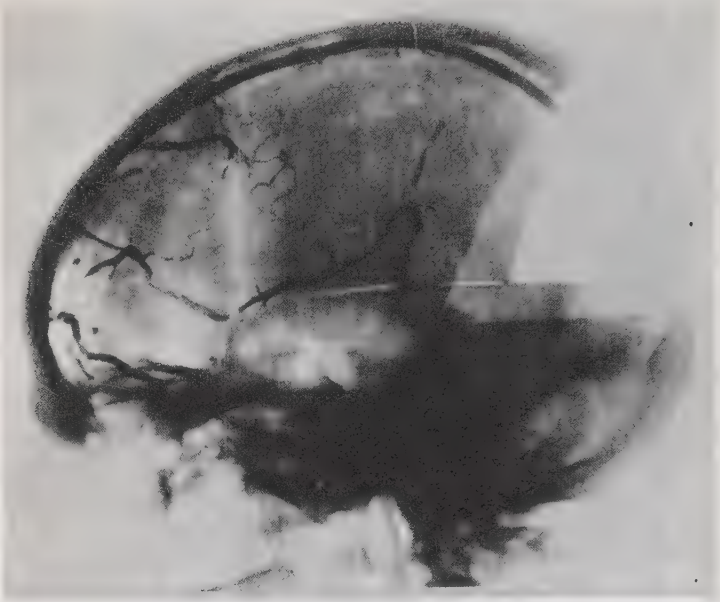


Abb. 25

- c) Die Labbé'sche Vene stellt eine direkte Verbindung zwischen Vorderwand des Sinus sagittalis sup. mit occipitalen Venen oder Sinus her.

Teil der inneren Hirnvenen gefüllt. In einem Fall (Abb. 17-frontaler Strahlengang) erkennt man deutlich die beiden Vv. cerebri internae, die beiderseits nach hinten verlaufen, um sich zur V. cerebri Galeni zu vereinigen. Diese wendet sich bogenförmig nach aufwärts und mündet spitzwinklig in den ebenfalls sich darstellenden Sinus sagittalis inferior ein, der an dieser Stelle in den Sinus rectus übergeht. Außerdem füllt sich auf einer Seite die V. basalis Rosenthali, die bekanntlich in das Endstück der V. cerebri interna einmündet. In einem anderen Fall (Abb. 19c) ist wiederum der Sinus sagittalis inferior klar zu erkennen, ebenso eine V. cerebri interna, die bogenförmig in den genannten Sinus eingeht.

8,45 Lacunae laterales (siehe 5,63)

Unser Material untermauert auch röntgenologisch die anatomischen Befunde von Langer, die besagen, daß von hinten kommende Vv. ascendentes erst ein Stück parallel zum Sinus sagittalis sup. ziehen, um dann weiter vorn in einer lateralen Lacune gemeinsam mit mehreren anderen Venen einzumünden. Dies wird besonders deutlich in Abb. 21, wo die V. centralis Rolandi vor ihrer endgültigen Mündung am Bregma zunächst eine Strecke parallel zu dem eigentlichen Sinus verläuft, sodaß der Sinus auf dieser Strecke verdoppelt erscheint. Am Bregma sieht man dann außerdem mehrere Vv. ascendentes und auch eine V. meningea media gemeinsam an einer Stelle, nämlich der lateralen Lacune, münden. Etwas weiter frontal zieht eine kurze Vene auch in den Knochen. Ebenso münden in Abb. 12 und Abb. 15 mehrere Vv. ascendentes in einer Lacune gesammelt am Stirnteil des Sinus sag. sup.. Auf den Abb. 16 c und Abb. 26c erkennt man zwar nicht direkt die Lacunen, aber hier gewinnt das Kaliber des Sinus an der Einmündungstelle der Vv. ascendentes am Frontale und Bregma deutlich an Umfang.

Ein Großteil der Vv. ascendentes mündet im vordersten Bereich des Sinus sagittalis sup. an dessen Spitze in einem nach vorn offenen spitzen Winkel, also in Strömungsrichtung in den Sinus ein (Abb. 12, Abb. 15, Abb. 21, Abb. 22). Ein kleinerer Prozentsatz mündet jedoch weiter zum Bregma hin schon senkrecht oder in nach hinten offenem Winkel. Am Bregma hingegen und weiter occipital kehrt sich das Verhältnis zunehmend um: der größere Teil mündet in nach hinten offenem Winkel in den Sinus.

8,46 Pacchionische Granulationen (Granulationes arachnoidales sive Granula meningeae) - (Siehe 5,64)

Im seitlichen Röntgenbild werden die Pacchionischen Granulationen oft als kuppelförmige Gebilde sichtbar, die in der Höhe des Scheitels vom oberen Sinusrand in den Knochen hineinragen (Abb. 15, Abb. 16c, Abb. 22b, Abb. 26). In einem Fall füllte sich in Scheitelhöhe eine große Paccheionische Granulation, die die Tabula interna und die Spongiosa arrodiiert hat, sodaß nur noch die Tabula ext. übriggeblieben ist. Die Granulation ist hier in der Mitte eingekerbt und läßt einen sichelförmigen Spalt zwischen sich und dem Knochen frei. Direkt unter ihr münden alle auf dem Bild sichtbaren Hirn- und Duravenen in den Sinus sag. sup. ein, d.h. diese Pacchionische Granulation geht aus einer Lacuna lateralis hervor. Auch hier werden röntgenologisch die bereits beschriebenen anatomischen Befunde sichtbar.

8,5 Beziehungen zwischen der Anatomie des Sinus sagittalis superior und der Entwicklung der Stirnhöhlen.

Süsse weist auf den Zusammenhang hin, der offenbar zwischen Anatomie und Funktion des Blutleiters und der Entwicklung der Stirnhöhlen besteht. Ein von ihm veröffentlichter Fall, bei dem die Spitze des Sinus sag. sup. am Schädelpräparat exakt bis an den First der

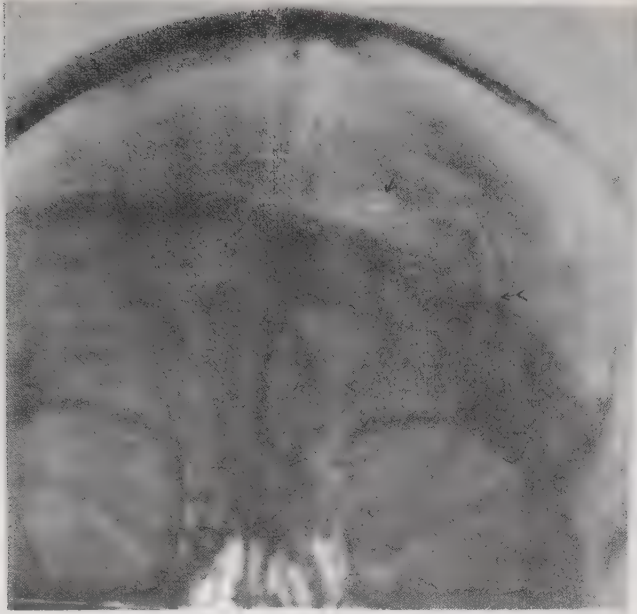


Abb. 26 Direkte Sinographie (Leiche)

- a) Leeraufnahme: Breite frontale Diploebene () und Pacchionische Granulation links (). Stirnhöhlen mittlerer Größe.

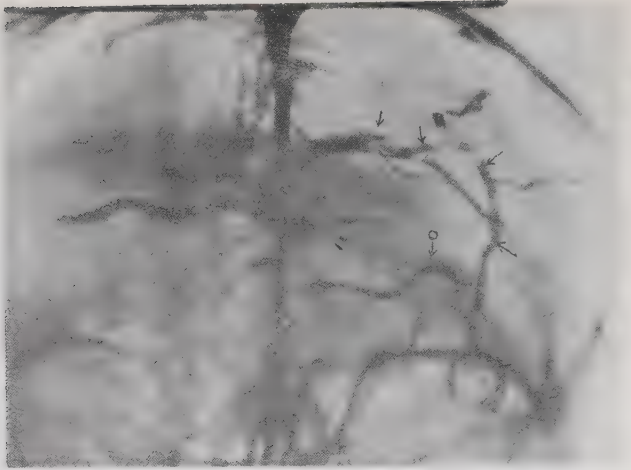


Abb. 26

- b) Vorderansicht: Vom Sinus zur Pacchionischen Granulation breite Vene; die sich anschließende Diploevne ($\longrightarrow$) steht mit der Granulation in Verbindung, läuft zum Foramen supraorbitale. Hier mündet auch eine zarte Knochenvene ($\circ \longrightarrow$), welche die Kontur der linken Stirnhöhle als Randsinus umgibt.

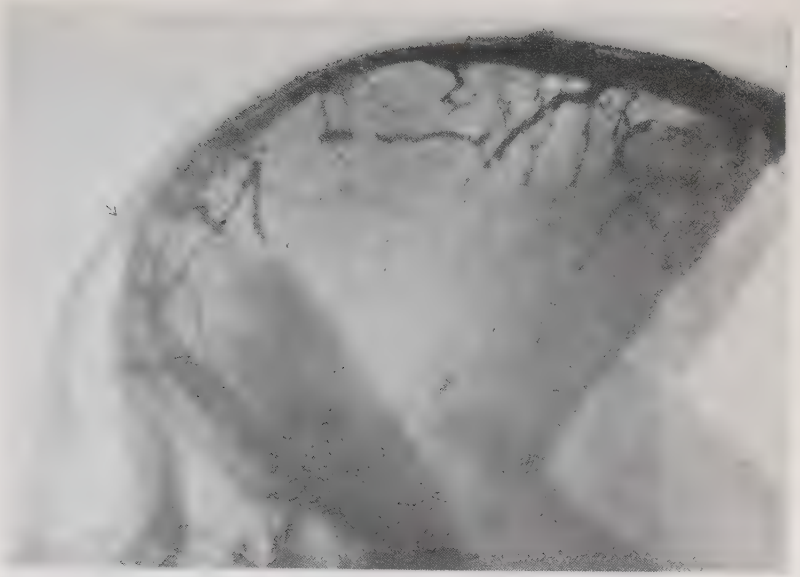


Abb. 26

- c) Seitenansicht: Deutliche venöse Verbindungen zwischen Diploe und Sinus sagittalis superior oberhalb der Stirnhöhlen, z.T. offenbar in die Stirnhöhlen-Schleimhaut ziehend (→).

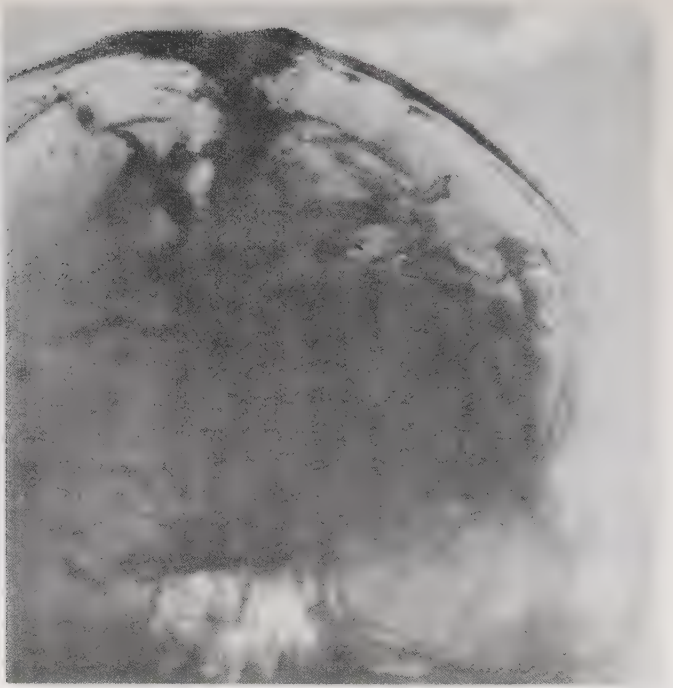


Abb. 26

- d) Zusätzlicher Kontrastmittelbeschlag der Hirnoberfläche (Gyri = helle Flächen, Sulci = dunkle Flächen). Die Hirnvenen verlaufen in den Sulci, die offenbar auch hinter den Septen der Stirnhöhlen verlaufen. Die Konturen der Stirnhöhlen liegen auffällig vor der Höhe der Gyri.

Stirnhöhle reichte, gab den Anlaß, die hier beschriebenen Untersuchungen anzustellen.

Dem schon im Kapitel 8,42 geschilderten Fall Abb.

11b, wo sich vom Sinus aus gespinstartige feinste Venen an der oberen Stirnhöhlenbegrenzung gefüllt haben, können wir noch weitere Fälle hinzufügen. Auch aus der Abb. 16b und zwei weiteren Fällen ergeben sich ähnliche Befunde. In der Abb. 26b endet ein feiner, direkt vom Sinus sag. sup. abgehender Ast an einer blasig in die Stirnhöhlen vorspringenden Siebbeinzelle.

Damit ist zwar noch nicht bewiesen, aber doch wohl wahrscheinlich, daß die venöse Blutversorgung, bzw. die Durchblutung des Stirnhöhlenareals und die Entwicklung der Stirnhöhlen selbst auch stark von der individuellen Anatomie und der im Sinus sag. sup. herrschenden Hydrodynamik abhängt. Dafür sprechen auch die Befunde, die sich aus dem Vergleich zwischen großen und kleinen, bzw. aplastischen Stirnhöhlen einerseits und der Durchblutungssituation im frontalen Schädelgebiet andererseits ergeben. Bei vier Fällen von beiderseits stark ausgebildeten Stirnhöhlen reichte das vordere, sich aufzweigende Sinusende, frontal sich mehr oder weniger verzweigend, jeweils tief bis in den Stirnhöhlenbereich hinunter (Abb. 16, Abb. 19, Abb. 22, Abb. 26). Bei allen vier Fällen sieht man bei frontalem oder a.p. Strahlengang auf den Bildern Knochenvenen zur Stirnhöhlenhinterwand, manchmal auch zur Stirnhöhlenvorderwand ziehen, oder es werden die oben schon erwähnten, an den Stirnhöhlenbegrenzungen verlaufenden Knochenvenenge-spinnste sichtbar. In der Abb. 13b wird von einer die knöcherne Stirnhöhlenwand perforierenden Vene sogar eine äussere Weichteilvene gefüllt.

Dagegen ist z.B. in Abb. 12 b die rechte Stirnhöhle klein und rund, die linksseitige aplastisch. Der Sinus fasert sich bereits ungefähr 3 cm oberhalb der rechten Stirnhöhle auf, wobei er seine Hauptzuflüsse von der rechten Seite her erhält. Das linke Stirnhöhlenareal

zeigt dagegen nur eine sehr geringe Venenfüllung, bzw. - in Analogie - Durchblutung. Bei einem weiteren Fall mit einseitig verkümmelter Stirnhöhle (Abb. 17) kommt diese Minderdurchblutung des aplastischen Stirnhöhlenareals allerdings nicht so stark zur Geltung. Bei dieser Aufnahme stellt sich eine vom Sinus sag. sup. aus gefüllte Nasenvene dar (s. 8,42). Bei einem Fall von beidseitig kleinen Stirnhöhlen wird nur ein in Verlängerung des Sinus sag. sup. zu den Stirnhöhlen herabziehender hauchzarter Zweig gefüllt. Sonst stellen sich im Stirnhöhlen-Areal keine Gefäße dar. Der Sinus selbst endet 3,5 cm oberhalb des Stirnhöhlenfirstes und spaltet sich dort auf. Bei einem anderen Fall mit beidseitig hypoplastischen Stirnhöhlen (Abb. 14) fasert der Sinus ungefähr 2,5 cm oberhalb des Stirnhöhlenfirstes auf. Auch hier ist die Darstellung der Venen im Stirnhöhlenbereich wenig ausgeprägt. Auf der Abb. 25 a findet man beidseitig aplastische Stirnhöhlen vor. Der Sinus endet oberhalb des Stirnhöhlenareals und spaltet sich in zwei nach links und rechts lateral ziehende Venen. Im Stirnhöhlenareal selbst findet man keine gefüllten Venen. Ebenso füllt sich auf der Aufnahme 20 bei beidseitig aplastischen Stirnhöhlen keine Vene im Stirnhöhlenareal (besonders bei frontalem Strahlengang sichtbar).

Was die normal ausgebildeten Stirnhöhlen und die dazu gehörige Durchblutungssituation betrifft, so gibt es alle Übergänge.

Obige Befunde zusammenfassend kann man sagen, daß bei großen Stirnhöhlen das vordere sich verjüngende Sinusende weiter in das Stirnhöhlenareal herunterreicht als bei hypoplastischen Stirnhöhlen. Dies gilt nicht nur, wenn man das vordere Ende des Sinus sag. sup. auf den First der so variablen Stirnhöhlen, sondern auch auf die oberen Orbitalränder bezieht. Außerdem findet man bei großen Stirnhöhlen vermehrt vom Sinus aus gefüllte Knochenvenen im Stirnhöhlen- und Stirnbereich,

wohingegen bei ein- oder beidseitig aplastischen Stirnhöhlen eine Minderdurchblutung im betreffenden Stirnhöhlenbereich festzustellen ist. Auch diese Befunde können so gedeutet werden, daß sie auf die zwischen der Anatomie und Funktion des Sinus sag. sup. und der Entwicklung der Stirnhöhlen bestehenden Korrelationen hinweisen.

Wie jedoch schon in 8,1 erwähnt, können mehrere Faktoren die Füllung der Gefäße variabel beeinflussen. Außer über die Durchblutung könnte die Entwicklung, Form und Gestalt der Stirnhöhlen aber auch über den Hirndruck direkt beeinflußt werden, nämlich durch die Gyri und Sulci des dem Stirnbein eng anliegenden Frontallappens. Man hat oft den Eindruck, daß sich die Bucht einer gekammerten Stirnhöhle mit einem Gyrus deckt, oder daß ein Gyrus genau die Begrenzung zu einer Stirnhöhlenbucht bildet. Wir beobachteten eine Darstellung der Gyri und Sulci auf einigen Bildern, bei denen wir Kontrastmittel nicht in den Sinus, sondern neben den Sinus unter die Dura injiziert hatten (s. Abb. 26, Abb. 27). Diese Beobachtungen sollten zu weiteren Untersuchungen Anlaß geben.

In dieser Arbeit wurden die inneren Venen im Stirnhöhlenareal durch Kontrastmittelinjektionen in den Sinus sag. sup. dargestellt. Indessen wurde eine neue Methode zur Darstellung der Gesichtsvenen über die Vena frontalis media am Lebenden entwickelt (Süsse). Damit lassen sich die großen praefrontalen Weichteilvenen sowie die infraorbitalen Venen bis in den Sinus cavernosus hinein darstellen, nicht aber kleine, die Stirnhöhlen selbst versorgende feinere Venenzweige (s. Abb. 28).

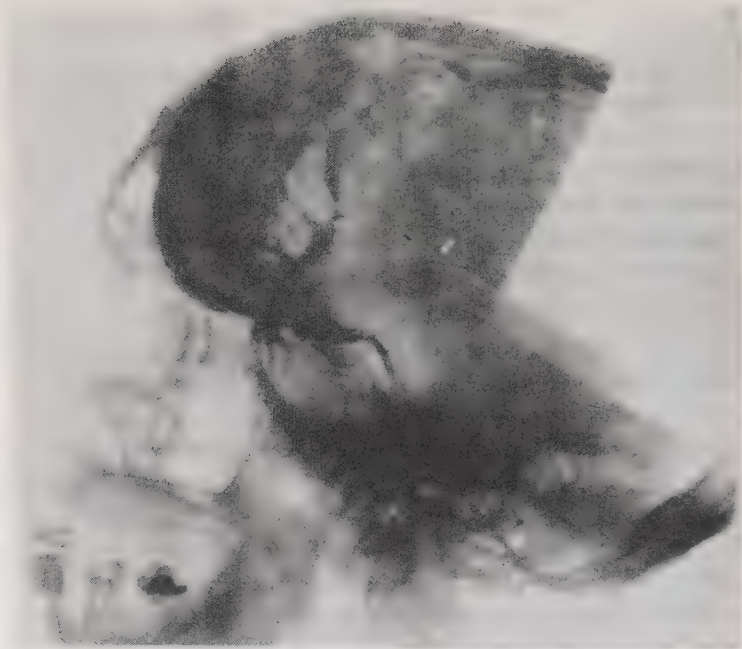


Abb. 27

Subduraler Kontrastmittelbeschlag des Frontalhirnes
macht die Nachbarschaftsbeziehungen zwischen vorderen
Hirnpolen und Stirnhöhlen deutlich.

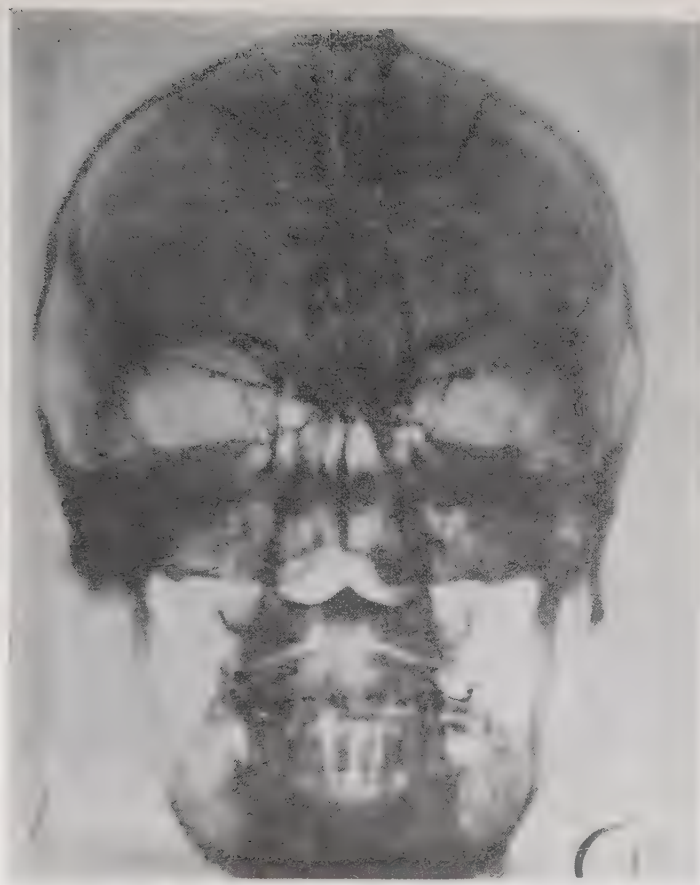
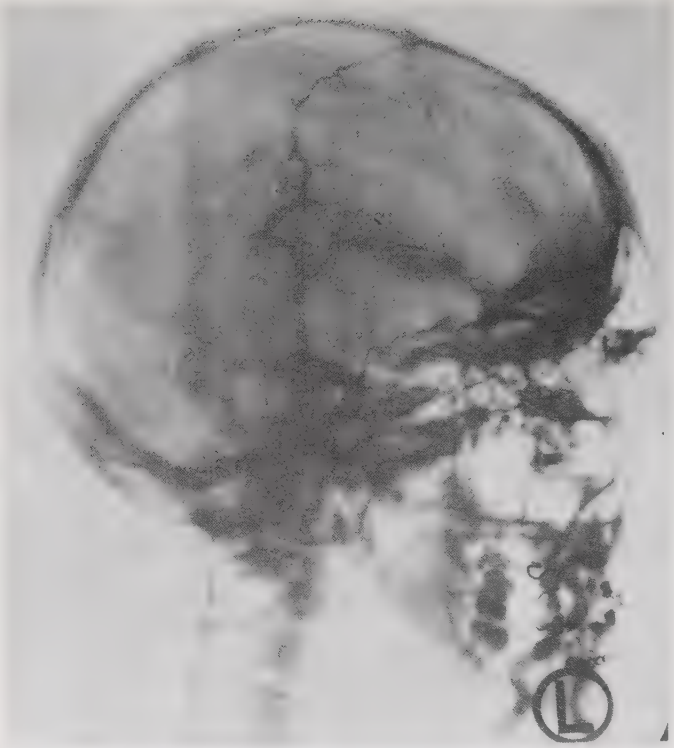


Abb. 28 Phlebographie über die V. frontalis (nach Süssle und Kunitzsch)

- a) Die Vv. frontales ziehen vor den Stirnhöhlen abwärts und verbinden sich vor der Nasenwurzel mit den Vv. angulares und Vv. supraorbitales. Es füllen sich über die Vv. orbitales superiores intraorbitale Venen auf. Im Bereich der Nasenwurzel zahlreiche Venenklappen sichtbar.



- b) Im Seitenbild sind in den Orbitae die Vv. orbitales sup., in der Kopfschwarte die V. temporalis und am Gesichtsschädel die Vv. faciales gefüllt.

Besprechung der Ergebnisse.

Die röntgenologische Darstellung der vom Sinus sag. sup. aus injizierten Gefäße gestattet zwar nur eine makroskopische Erfassung der Verhältnisse, die zudem noch durch technische Bedingungen postmortaler Untersuchungen eingeschränkt sind, und sie läßt auch keine direkte Aussage über die biologisch während der Wachstumszeit zwischen den sich entwickelnden Stirnhöhlen und den dargestellten Gefäßen zu, doch drängt sich bei der Betrachtung der Eindruck auf, daß erstens die Durchblutung allgemein und zweitens ihre Abhängigkeit von den hämodynamischen Bedingungen innerhalb des oberen Längsblutleiters für die Entwicklung der Stirnhöhlen von wesentlicher Bedeutung sei.

Die Hinweise auf solche Beziehungen sind zahlreich. So ist die Lage des vorderen Endes des Sinus sag. sup. und dessen Aufzweigung in die angeschlossenen Hirn-, Dura- und Diploevenen sehr verschieden. Das vordere Ende zog sich in den eigenen Untersuchungen im Falle großer Stirnhöhlen weiter zur Crista galli hin als bei unterentwickelten Höhlen, wie überhaupt bei den kleinen Höhlen der frontale Gefäßreichtum sich geringer darstellte als bei großen Stirnhöhlen.

Weiterhin verliefen in mehreren Fällen die vordersten Vv. ascendentes in ganz auffälliger Weise fast exakt den Konturen der Stirnhöhlen parallel.

Die Füllung der Venen, bzw. venöser Plexus der Nasenmuscheln und -scheidewand war zweimal zu beobachten, und es ist zu vermuten, daß die gefüllten Venen auch mit denen der Stirnhöhlen in Zusammenhang stehen, nicht nur topographisch, sondern auch hydrodynamisch.

Bemerkenswert ist die in den meisten der untersuchten Fälle zur Ansicht kommende Füllung von Diploevenen vom oberen Längsblutleiter aus. Die Diploefüllung zeigt sich entweder in Form kleinfleckiger Verteilung des Kontrastmittels, offenbar in den venösen diploischen

Sinus, in vielen Fällen aber auch als Auffüllung mehr oder minder großlumiger Diploevenen. Beide Füllungsbilder lassen sich mehrfach ganz sicher in unmittelbarer Nachbarschaft der Stirnhöhlenkonturen erkennen, wobei kleinere Diploevenen als Gefäßschlingen deren Wände umgeben; in anderen Fällen zogen größere Diploevenen so eng an diesen Konturen entlang, daß sie im Bild die Grenze der Stirnhöhlen darstellten. Sie entsprechen den venösen Schlingen, die Süsske an Knochenpräparaten um die supraorbitalen Pneumatisationen im Dach der Orbita nachgewiesen hat. Greift man auf die Befunde von Zuckerkandl zurück, dann besitzen diese Diploevenen Anastomosen zu den Venen der Schleimhaut innerhalb der Stirnhöhlen. Folglich besteht ein direkter oder indirekter topographischer Zusammenhang zwischen dem vorderen Ende des Sinus sag. sup. und den Venen der Stirnhöhlenschleimhaut, der umgebenden Diploe, Dura und z.T. offenbar auch der Nasenschleimhaut. Im lebenden Organismus müssen somit engste Beziehungen innerhalb der Hämodynamik dieser Venen bestehen. Das bedeutet aber, daß die Durchblutung und die Ernährungsverhältnisse der Stirnhöhlenschleimhaut und des sie umgebenden Knochens aufs Engste auch mit den Verhältnissen innerhalb des oberen Längsblutleiters im Zusammenhang steht, wahrscheinlich sogar von ihm abhängig ist.

Nun hängen aber die im oberen Längsblutleiter prinzipiell und individuell herrschenden hämodynamischen Verhältnisse von der Druck- und Hydrodynamik des Gesamtendokraniums und des Gesamtschädels ab, sodaß die Durchblutung des Stirnhöhlenareals nur einem topographischen und hydrodynamischen Teilbereich der am Gesamtschädel zur Wirkung kommenden Druck- und Hydrodynamik entspricht.

Durch diese topographisch wie dynamisch zu verstehenden Zusammenhänge ließe sich aber überhaupt erst verstehen, daß die individuelle Gestaltung der Stirnhöhlen, die bekanntlich einen vielfältigen Formenreichtum aufweist, Ausdruck einer Koordination ist, die zwischen den Stirnhöhlen und dem Endokranium besteht, und daß weiterhin

diese Koordination durch die sich gegenseitig beeinflussenden Verhältnisse der Druck- und Hydrodynamik dynamisch korreliert ist. Und hierbei könnten nach den hier durchgeführten Untersuchungen besonders die besprochenen venös-dynamischen Beziehungen eine führende Rolle spielen.

Die Gefäßfüllungen vom Sinus sag. sup. aus können auch der Ansicht von Eckert-Möbius eine Unterlage geben, wonach funktionell-trophische und dysfunktionell-dystrophische Vorgänge innerhalb des Stirnbeinknochens bei der Pneumatisation der Stirnhöhlen von besonderer Bedeutung sind. Sie fänden mit den verschiedenen Durchblutungsständen innerhalb der Diploe (in Abhängigkeit von den Verhältnissen innerhalb des Sinus sag. sup.) eine hinreichende Erklärung.

Wie die Röntgenaufnahmen weiter ergeben, füllen sich vom oberen Längsblutleiter auch sehr weit von ihm abgelegene Venen und Plexus, so u.a. der Sinus cavernosus und durch die Foramina der mittleren Schädelgrube der Plexus pterygoideus. Wenn sich hierbei jedoch sehr verschiedene Füllungsbilder ergeben, so ist das einerseits mit offensichtlich vorhandenen großen Unterschieden in der individuellen Gefäßtopographie, andererseits zum großen Teil durch die Methode, postmortal angewendet, zu erklären. Im Einzelfalle läßt sich vielfach nicht sicher erkennen, welche der beiden Bedingungen vorliegt.

Eine wesentliche Schwierigkeit besteht auch darin, daß sich am Röntgenbild oftmals eine sichtbar gefüllte Vene nicht sicher klassifizieren läßt. Besonders entlang der Kranznaht ist es häufig nicht möglich, mit Sicherheit oberflächliche Hirnvenen von duralen oder Diploevenen zu trennen. Das Fehlen von Röntgenatlanten, die diese speziellen Verhältnisse der sichtbargemachten Gefäße berücksichtigen, macht sich nachteilig bemerkbar. Beim Vergleich mit der bisher vorliegenden Literatur kommt man zu der Meinung, daß besonders an der Hirnbasis sehr variable Venen-

verhältnisse bestehen, und daß diese Variationen auch anatomisch noch nicht völlig erfaßt sind.

In 3 Fällen ließ sich jedenfalls eine venöse Verbindung nachweisen, die der Kontur der kleinen Keilbeinflügel entlang läuft und in den Sinus cavernosus mündet. Diese Verbindung ist in vielfacher Hinsicht als Sinus sphenoparietalis und als Sinus alae parvae diskutiert worden. In seinem Material sah Lindblom diese Kommunikation nur einmal (unter 10 Schädeln) schwach ausgebildet. An unseren Aufnahmen ließ sich nicht sicher sagen, ob es sich um einen solchen Sinus oder um eine basale Hirnvene handelt (*Vena cerebialis superficialis* nach Ferner-Kautzky oder *Vena cerebri media*), aber auch aus dem uns zugänglichen anatomischen Schrifttum war nicht eindeutig zu erkennen, inwieweit beide Blutleiter manchmal miteinander identisch sein können.

In mehreren Fällen zog eine breite Vene vom Pterion herkommend an der kleinen Keilbeinflügelkante entlang, jedoch nicht bis in den Sinus cavernosus hinein. Vielmehr biegt sie medial des lateralen Endes der *Fissura orbitalis superior* scharfbogig nach unten ab und zieht an den Boden der mittleren Schädelgrube, offenbar ins Foramen ovale. (Für den Durchtritt durch das Foramen spinosum scheint sie zu dick zu sein). Es wäre möglich, daß sich ein an sich vorhandener Fortsatz in den Sinus cavernosus nur infolge methodischer Bedingungen nicht gefüllt hat. Es könnte sich dabei um eine Verlaufsvariante der *Vena meningea media*, bzw. der *Vv. bregmaticae* (Lindblom) handeln, nur zieht diese im typischen Falle weiter lateralwärts an der Seitenwand der mittleren Schädelgrube zu deren Boden hinab. Weiterhin käme dafür die *V. cerebialis media*, bzw. *V. cerebialis superficialis* in Betracht, die atypisch nicht in den Sinus cavernosus mündet, sondern durch den Boden der mittleren Schädelgrube hindurch Verbindung mit den darunterliegenden Venenplexus aufnimmt. Schließlich könnte es sich um den sog. Sinus sphenoparietalis handeln.

Keineswegs gibt die Ausbreitung des Kontrastmittels, das postmortal in den oberen Längsblutleiter injiziert wurde, die Richtung und die Ausbreitung des vital strömenden Blutes wieder. Die Füllung auch weitab vom injizierten Sinus sag. sup. gelegenen Venen und Plexus kommt durch die Klappenlosigkeit der endokraniellen Venen und durch die postmortalen Verhältnisse ohne intravasalen Gegendruck zustande. Sie beweist direkt nur die topographischen Zusammenhänge. Für die vitalen Bedingungen läßt sich dennoch entnehmen, daß alle topographisch untereinander zusammenhängenden Venen auch in hämodynamischer Beziehung gegenseitige Abhängigkeiten aufweisen, bei denen die Druckbedingungen eine führende Rolle spielen werden. Von ausschlaggebender Bedeutung dürfte hierbei die Tatsache sein, daß die gesamte Druck- und Hydrodynamik sich innerhalb einer festen Knochenkapsel abspielt und in ihrer speziellen Arbeitsweise überhaupt erst als Folge ihrer knöchernen Umhüllung zustande kommt. Der Einschluß der gesamten endokraniellen Druck- und Hydrodynamik in die Schädelkapsel ist für die Durchblutung und damit wahrscheinlich auch für die Pneumatisation von größter Bedeutung, da die Stirnhöhlen im Grenzbereich zwischen Hirn- und Gesichtsschädel liegen und da infolge der starren Schädelkapsel die von der endokraniellen Druck- und Hydrodynamik abhängigen Durchblutungsverhältnisse der Durchblutung der Stirnhöhlen und ihrer Umgebung aufgedrängt werden (Süsse).

Die vorgelegten Untersuchungen lassen vermuten, daß diese Beeinflussung so vor sich geht, daß zunächst die individuelle endokranielle Druck- und Hydrodynamik die Strömungsverhältnisse im oberen Längsblutleiter bestimmt, und diese sich dann, folglich ebenfalls individuell verschieden, über die topographisch kommunizierenden Venen (Hirn-, Dura- und Diploevenen) auf die Durchblutung des Stirnhöhlenareals auswirkt. Wenn die Aussage der Röntgenbefunde auch nur bis hierher reicht, so darf doch wohl der Gedanke weitergeführt werden, daß die Durchblutung der Knochen wie der Schleimhaut für die Ernährungs- wie Resorptionsverhältnisse und damit für die Pneumatisation der Stirnhöhlen von ausschlaggebender Bedeutung sein dürfte.

Zusammenfassung

Es werden an 30 Leichenschädeln die topographischen Beziehungen untersucht, die zwischen dem Sinus sagittalis superior, den Hirn-, Dura- und Diploevenen sowie den Stirnhöhlen bestehen. Dazu wurde der Sinus sagittalis sup. mit Kontrastmittel gefüllt und röntgenologisch aufgenommen.

Dabei ergab sich:

- 1) Es besteht ein inniger Zusammenhang zwischen dem Sinus sagittalis superior und der Diploe, besonders auch im Areal der Stirnhöhlen, der mehrfach sicher nachgewiesen werden konnte.
- 2) Äste der Diploevenen verlaufen zum Teil als feinste Randsinus an den Buchten und Einziehungen der Stirnhöhlenbegrenzung entlang.
- 3) In 2 Fällen gelang der Nachweis, daß sich vom Sinus sagittalis superior aus Venen und Venenplexus der Nase füllen können.
- 4) Das vordere Ende des oberen Längsblutleiters teilt sich, im Bild oft pilypenartig, in mehrere frontale Hirn-, Dura- und Diploevenen auf.
- 5) Fast immer kommuniziert der Sinus sagittalis superior über eine nach lateral ziehende Frontalvene ein- oder beidseitig mit einem Venensammelpunkt im Bereich des Pterion.
- 6) In mehreren Fällen verlaufen die vordersten Venae ascendentes in auffälliger Weise fast exakt den Konturen der Stirnhöhlen parallel.
- 7) Über die Venae meningiae besteht eine indirekte Verbindung zwischen dem oberen Längsblutleiter und dem Plexus pterygoideus.
- 8) Eine Füllung des Sinus cavernosus vom Sinus sagittalis superior aus ließ sich in 3 Fällen erzielen.
- 9) Auf einigen Bildern wird eine den kleinen Keilbeinflügel entlang ziehende, manchmal großkalibrige Vene sichtbar, die Verbindung zu den Bregma- und frontalen Hirnvenen aufnimmt, und die nur in obigen 3 Fällen

zum Sinus cavernosus zieht. Sonst biegt sie scharf bogig nach unten, um durch den Boden der mittleren Schädelgrube zum Plexus pterygoideus zu ziehen. Es handelt sich hier wahrscheinlich um eine oberflächliche, in der Fissura Sylvii entlangziehende Vene (Vena cerebralis superficialis nach Ferner-Kautzky), die manchmal direkt in den Sinus cavernosus mündet, oder atypisch, was wir aber häufiger beobachteten, in die subbasalen Plexus (Plexus pterygoideus) eingeht. Wenn im Begleittext unserer Röntgenaufnahmen von der Sylvischen Vene als in der Sylvischen Spalte verlaufend die Rede ist, so ist diese oberflächliche Hirnvene gemeint.

- 10) In einigen Fällen stellt sich eine dem Sinus centralis entsprechende Vena centralis Rolandi als besonders stark ausgebildete oberflächliche Hirnvene dar.
- 11) In 2 Fällen füllt sich die horizontale Vena anastomotica Labbé.
- 12) Die Venae cerebri internae und mit ihnen kommunizierende innere Hirnvenen stellen sich ebenfalls in 2 Fällen dar.
- 13) Die Venae ascendentes münden im vordersten Teil des Sinus sagittalis superior oft in einem nach vorn offenen Winkel, also in Strömungsrichtung in den Sinus ein. Am Bregma hingegen und weiter occipital mündet der größere Teil in nach hinten offenem Winkel in den Sinus ein.
- 14) Bei großen Stirnhöhlen fanden sich weit mehr vom Sinus sagittalis superior aus gefüllte Knochen-, Hirn- und Duravenen im Stirnhöhlengebiet als bei hypo- oder aplastischen Stirnhöhlen.
- 15) Bei großen Stirnhöhlen reicht das sich z.T. fadenförmig verjüngende vordere Sinusende weiter in das Stirnhöhlenareal herunter als bei hypoplastischen Stirnhöhlen.

Die erhobenen Befunde lassen eine innige Verbindung der Bluträume des Stirnbeinknochens mit dem vorderen Ende des Sinus sagittalis sup. und über diesen indirekt auch mit den Hirnvenen erkennen. Es darf somit angenommen werden, daß über diese Verbindungen auch druck- und hämodynamische Be-

ziehungen zwischen dem Hirn bzw. den Verhältnissen des Endokraniums mit den Stirnhöhlen bestehen, welche einen wesentlichen Einfluß auch auf die individuelle Pneumatisation der Stirnhöhlen ausüben.

L I T E R A T U R

- Albrecht, W.: Erbbiologie und Erbpathologie des Ohres und der oberen Luftwege. In: Handbuch der Erbbiologie des Menschen. Springer; Berlin 1940
- Benninghoff-Goerttler: Lehrbuch der Anatomie des Menschen Bd. I, II, III Urban u. Schwarzenberg München-Berlin 1960
- Brechet, M.G.: Recherches anatomiques, physiologiques, et pathologiques sur le systeme veineux. Paris: Villeret 1829
- Brobeil, A.: Hirndurchblutungsstörungen, ihre Klinik und arteriographische Diagnose. Stuttgart: Georg Thieme 1950
- Boudet, Ch.: La place du phlébogramme orbitaire dans le diagnostic des tumeurs de l'orbite. Arch.Ophthal. (Paris) 15, 597-618 (1955)
- Calori: siehe bei Tenchini
- Charpy: siehe Poirier
- Cotard, H.: Etude sur l'atrophie cérébrale. Thèse, Paris 1868
- David, M., P.Bregeat et H.Fischgold: Opacification du sinus caverneux par phlébographie orbitaire. Rev.neurol. 86, 271-272 (1952)
- Decker, K. u. E.Hipp: Spätveränderungen nach kindlichen Subduralblutungen. Fortschr.Röntgenstr. 82, 375-382 (1955)
- Dixon, W.E. and W.D.Halliburton: The cerebrospinal fluid II. Cerebrospinal pressure. J.Physiol. (London) 48, 128-153 (1914)
- Dyke, C.G., L.M.Davidhoff and C.B.Masson: Verebral hemiatrophy of the skull and sinuses. Surg.Gynec.Obstet. 57, 588 (1933)
- Eckert-Möbius, A.: Grundsätzliches zum Pneumatisationsproblem. Arch. Ohr., Nas.- u.Kehlk.-Heilkunde 142, 43-49 (1937)
- Eigler, G.: O.- N.- Rachen u.K.-Krankheiten. Walter de Gruyter, u. Co. Berlin 1962
- Ellis, F.W.B.: Internal hydrocephalus following cerebral thrombosis in an infant. Proc.roy.Soc.Med. 30, 768-772 (1937)
- Erdély, J.: Schädelveränderungen bei gesteigertem Hirndruck. Fortschr.Röntgenstr. 42, 153-182 (1950)
- Ferner, H. und Kantakky, R.: Angewandte Anatomie des Gehirns und seiner Hüllen. In: Handbuch der Neurochirurgie. Berlin-Göttingen-Heidelberg. Springer Verlag Bd1 (1959)
- Piögel, P.: Größe und Variabilität der Stirnhöhlen eines klinisch normalen Kollektives. (Untersuchungen an 500 Piloten) Dissertation Marburg z.Z.im Druck.
- Fischer: Lymphbahnen des ZNS. Inaug.Dissert. Straßburg 1879

Literatur ?

- Fischgold, H. et J. Metzger: Signes radiographiques discrets et précoces des atrophies cérébrales unilatérales. *J. Radiol. Electrol.* 32, 733 (1951)
- Fischgold, H., J. Talairach and P. Brégeat: Direct opacifying injections into the venous system of the head. *Acta radiol. (stockh.)* 40, 128-139 (1953)
- Fraser: *Journ. of mental science* 22
- Frenckner, P.: Sinography, method of radiography in diagnosis of sinus thrombosis. *Proc. Roy. Soc. Med.* 30, 413-422 (1936)
- Geigel, *Lehrbuch der Herzkrankheiten* 1920
- Gelderen, van Chr.: Die Morphologie der sinus durae matris.
- Gilse, van P. H. G.: Über die Entwicklung der Keilbeinhöhle des Menschen. Beitrag zur Kenntnis der Pneumatisierung des Schädels von der Nase aus. *Zeitschrift f. HNOhk.* Bd. 16 (1926)
- Gloning, K. u. E. M. Klausberger: Die Kontrastmittelfüllung der Vena angularis faciei. *Wien. med. Wschr.* 942-945 (1953)
- Güttner, H. G.: Formbeeinflussung der Nebenhöhlen des Schädels durch vorzeitige Nahtsklerose. *Beitr. path. Anat.* 107, 271-299 (1942)
- Haike, H.: Röntgen-Untersuchung der Nasennebenhöhlen der Kinder. *Arch. Laryng.* 23 (1910); 206
- Hampton, A. O. u. D. A. Sampson: Roentgen diagnosis and treatment of angioma of the tympanic cavity. *Amer. J. Roentgenol.* 41, 25-31 (1939)
- Hayden, K. u. K. Gloning: Zur Angiographie der orbitalen Gefäße und des Sinus cavernosus (Kongr. Ber.) *Münch. med. Wschr.* 94, 1982 (1952)
- Henle: *Gefäßlehre* (1876)
- Hess, W. R.: *Erg. inn. Med.* 23, 1 (1923)
- Hill, : *Lancet* 198, 359 (1920 I)
- Hürthle: Blutkreislauf im Gehirn. Im Handbuch der normalen u. pathologischen Physiologie, Bd. 10 S. 1-28 Springer Verlag 1927
- Huhn, A.: Die Bedeutung der Serienangiographie für die Diagnose der Hirnvenen- und Sinusthrombose. *Dtsch. Z. Nervenheilk.* 177, 48-61 (1958)
- Hyrtl, J.: *Handbuch der Topograph. Anatomie*, Wilhelm Braumüller Wien 1882
- Jakob, O.: Über die kindlichen Nebenhöhlen. *Med. Diss. Würzburg* 1933
- Janson, A.: Über das Fehlen der Stirnhöhlen, besonders bei Supra-orbitalneuralgien. *Med. Diss. Würzburg* 1932
- Kartagener, M. u. Ulrich, K.: Bronchiektasien und Veränderungen der Nasennebenhöhlen. *Beitr. Klin. Tbk.* 86, 349 (1935)
- Kassowitz, : *Infantiles Nyxödem* usw. S. 42 Wien 1902

Literatur 3

Kaufmann, Fr.: Im Handbuch der normalen und pathol. Physiologie Bd. 7, II S. 1439 (1927)

Key u. Retzius: Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes. Stockholm 1875

Koch, J.: Kritisches Übersichtsreferat über die normale und pathologische Pneumatisation der Nebenhöhlen der Nase. Arch. Ohr.- Nas.- Kehlkopfkh. 125, 174 (1930)

Köhler, A. u. E. A. Zimmer: Grenzen des Normalen und Anfänge des Pathologischen im Röntgenbild des Skelets. Stuttgart: Georg Thieme 1953

Kraus, L. u. D. J. Wirkner: Anatomische u. röntgenologische Untersuchungen über das Foramen mastoideum. Z. Hals-, Nas.- u. Ohrenkh. 25, 270-279 (1929/30)

Krayenbühl, H.: Cerebral venous thrombosis, The diagnostic value of cerebral angiography. Schweiz. Arch. Neur. Psychiat. 74, 261-287 (1954)

Kügelen, A. v.: Die hämodynamische Bedeutung des Foramen jugulare. Verh. anat. Ges. (Jena) 51, 203-213 (1953)

Langer, K.: Über die Blutgefäße der Knochen des Schädeldaches und der harten Hirnhaut. Denkschr. Kaiser. Akad. Wiss. Wien math. naturwiss. Kl. 37, 217-240 (1877)

Leicher: Die Vererbung anat. Varianten der Nase, ihrer Nebenhöhlen u. des Gehörorgans. München: J. F. Bergmann 1928

Lindblom, Kn.: A roentgenographic study of the vascular channels of the skull. Acta radiol. (Stockh.) Suppl. 30, 1-146 (1936)

Lindgren, E.: Röntgenologie (einschließlich Kontrastmethoden). Im Handbuch der Neurochirurgie Bd. 2 Berlin-Göttingen-Heidelberg, Springer 1954

Loepp, W. u. R. Lorenz: Röntgendiagnostik des Schädels. Stuttgart: Georg Thieme 1954

Mair, R.: Untersuchungen über das Wachstum der Schädelknochen. Z. Anat. u. Entwicklungsgeschichte 90 (1929)

Maresh, M. M. and Washburn, A. H.: Paranasal Sinuses from Birth to Late Adolescence. Amer. J. Dis. Childr. 60, 55, 841 (1940)

Markowski, J.: Z. Anatomie und Entwicklungsgeschichte 94, 395 (1931)
Über die Entwicklung der Falx cerebri u. des Tentorium cerebelli mit Berücksichtigung ihrer venösen Sinus.

Maurer, R.: Zur Physiologie der Schädelpneumatisation. Arch. Ohr.-, Nas.-, Kehlkopfkh. 163, 471 (1953)

Merkel, Fr.: Lehrbuch der topographischen Anatomie. Braunschweig: F. Vieweg u. Sohn (1885-1890)

Mishikawa, Yoshihide: Über die röntgenographische Darstellung der Venerkanäle des Schädels. Fortschr. Röntgenstr. 31, 598-608 (1923-1924)

Literatur 4

- Noell, W. u. M. Schneider: Zur Hämodynamik der Gehirndurchblutung bei Liquordrucksteigerung. Arch. Psychiat. Nervenkr. 180, 713-730 (1948)
- Noetzel, H.: Über den Einfluß des Gehirns auf die Form der benachbarten Nebenhöhlen des Schädels. Dtsch. Z. Nervenheilk. 160, 126-136 (1949), 162, 356 (1950)
- O'Connell, J. E. A.: Max M. Peet Memorial lecture: the cerebro-spinal fluid pressure and its etiological relationship with certain lesions affecting the ventral nervous system. Univ. Mich. med. Bull. 17, 115-119 (1951)
- Oltersdorf, U.: Die Wachstumskräfte und formalen Vorgänge der normalen und pathologischen Pneumatisation des Gesichtsschädels. Monographie HNO-Klinik Tübingen 1953
- Onodi, A.: Eröffnung der Schädelhöhle und Freilegung des Gehirns (Sonderdruck aus Zeitschrift für Laryngologie, Rhinologie und ihre Grenzgebiete Bd. IV, Heft 1) Würzburg Curt Kabitzsch C. A. Stubers Verlag 1911
- Pernkopf, E.: Topographische Anatomie des Menschen Bd 4/1 München-Berlin-Wien Urban-Schwarzenberg 1957
- Petit-Dutaillis, D. et H. Fischgold: Signes radiologiques de l'atrophie cérébrale accompagnée d'épilepsie focale. Rev. neurol. 83, 412 (1950)
- Poirier, P. u. Charpy, A.: Traité d'anatomie humaine. Masson, Paris 1912
- Püschel, L. u. Schlosshauer, B.: Über den Einfluß des somatotropen und androgenen Hormons auf die Pneumatisation. Referat XXVI Jahresvers. d. Dt. Ges. d. HNO-Ärzte, Konstanz 1955, Mit. nach Zbl. HNO 53, 277 (1955)
- Rauber-Kopsch: Lehrbuch u. Atlas der Anatomie, Bd. II Leipzig 1940
- Ray, B. S., Dunbar, H. S. and C. T. Dotter: Dural sinus venography as an aid to diagnosis in intracranial disease, J. Neurosurg. 8, 23-37 (1951a) - - - Dural sinus venography-Radiology 57, 477 (1951b)
- Ray, B. S. and H. S. Dunbar: Thrombosis of the dural venous sinuses as a cause of "pseudotumor cerebri" Ann. Surg. 134, 376-386 (1951)
- Richter, H.: Beitrag zur Röntgendiagnostik der Stirnhöhlen. Zschr. HNO, 14, 456 (1926)
- Runge, H. G.: Henke Lubarsch' Handbuch der speziellen patholog. Anatomie und Histologie Bd III/1 S. 67-158 Berlin - Springer 1928
- Sappey, Ph. C.: Traité d'anatomie descriptive T I-IV Paris 1876-1879
- Schaltenbrand, G. u. H. Wolff: Die Produktion und Zirkulation des Liquors u. ihre Störungen. Im Handbuch der Neurochirurgie, Bd 1. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1959
- Schiffer, K. H.: Zur Ableitung von Entwicklungsvorgängen aus dem Röntgenbild des Schädels. Acta radiol. (Stockh.) 46, 123-129 (1956)
- Schlosshauer, B.: Zur Spongiosierung und Sklerosierung der Stirnhöhle. HNO-Beihefte zur Zeitschr. f. H.-, N.- u. Ohr. hk.: 4, 140-142 Berlin-Springer 1954

Literatur 5

Schneider, M. u. D. Schneider: Untersuchungen über die Regulierung der Gehirndurchblutung Naanyin-Schmiedberg's Arch.exp.Path.Pharmak. 175, 606-664 (1934)

Schobinger, R., F.P.Lessmann and F.C.Marchette: Pterygoid plexus venography. Acta radiol.(Stockh.) 47, 341-344 (1957)

Schwarz, Max: Die Schleimhäute des Ohres und der Luftwege. Berlin - Springer Verlag 1949

Scott, M.: Dural venous sinography. A method of visualization of the sagittal dural sinus and its tributaries by direct injection of diodrast. Amer.J.Roentgenol. 65, 619-620 (1951)

Sepp, E.-K.: Die Dynamik der Blutzirkulation im Gehirn, Berlin 1928

Sitsen, A.: Arch.Ohrenheilk. 140 (1936)

Sobotta, J.: Deskriptive Anatomie, Lehmann, München 1922

Spalteholz-Spanner: Handatlas der Anatomie des Menschen. Amsterdam-Zürich-Stuttgart 1959/60

Sperino, F.: Circolazione venosa del capo. Torino 1884

Stopford, J.S.B.: Increased intracranial pressure. Brain 51, 485 (1928)

Streit, H.: Über othologisch wichtige Anomalien der Hirnsinus, über akzessorische Sinus und bedeutende Venenverbindungen. Arch.Ohr.-Nas.-u.Kehlk.-Heilk. 58, 85-128; 161-167 (1903)

Stuart, C.: Considerazioni radiologiche sul circolo venoso diploico nel quadro della fisiopatologica del liquido cerebro spinale. Radiologica (Roma) 11, 1203-1223 (1955)

- Süsse, H.J.: Ist die Asymmetrie der Stirnhöhlen von pathognostischer Bedeutung? Fortschr.Röntgenstr. 92 (1960)
- : Gefäßstrukturen im Dach der Orbita. Fortschr.Röntgenstr. 95, 510-515 (1961)
 - : Zur Problematik der Diploevenen. Fortschr.Röntgenstr. 97 (1962)
 - : Die Gefäßstrukturen der Schädelknochen. Ihre Anomalien und Ihre Röntgenpathologie. Aus: Handbuch der medizinischen Radiologie Bd 7/1 Berlin-Springer 1963
 - : Gefäßzeichen im Areal d.Sth. Fortschr.Röntgenstr. 100 (1964)
 - : Das Pneumatisationsproblem der Stirnhöhle in dynamischer Sicht. Arch.Ohr.-, Nas.-u.Kehlk.hk. 184, 115-128 (1964)

Süsse, U. u. H.J. Süsse: Über das Emissarium frontale. Fortschr.Röntgenstr. 89, 202-212 (1958)

Wünzer, A.: Das Hämangiom der Schädelbasis und sein Röntgenbild. Fortschr.Röntgenstr. 91, 633-638 (1959)

Talairch, J., R.David, F.Fischgold et J.Aboulker: Falcotentorioraphie et Sinusgraphie basale. Presse méd. 53, 724-727 (1951)

Literatur 6

Tanew, N.: Radiol.Austriaca, 113 (1948)

Tenchini, L.: Di un emissario anomalo orbito-frontale.
Monit.zool.ital. 16, 90-93 (1905)

Testut, L. and Latarjet, A.: Traité d'anatomie humaine. Paris
1928-1929

Töndury, G.: Angewandte und topographische Anatomie nach
Tandler und Ranzi 1957

Tönnis, W.: Handbuch der Neurochirurgie Bd.1 Berlin-Göttingen-
Heidelberg: Springer 1959

- : Frühsymptome intrakranieller Geschwülste. Münch.med.
Wschr. 1939 II

- : Die Entstehung der intrakraniellen Drucksteigerung
bei Hirngeschwülsten. Langenbecks Arch.Klin.Chir.

193, 667-672(1938)

Torgensen, J.: The frontal Sinuses in Bronchiektasis. Act.Radiol.
32, 185 (1949)

Trolard, M.: Recherches sur l'anatomie du système veineux de
l'encéphale et du crâne. Thèse, Paris 1868

- : Les granulations de Pacchioni; lacunes veineuses
de la dure-mère. J.anat.physiol. (Paris) 28, 28-57,
172-210 (1892)

Umbach, W.: Untersuchungen zur Phlebographie der Hirngefäße.
Fortschr.Röntgenstr. 77, 179-187 (1952)

Voelckel, E.W.: Die Entwicklung der Nasennebenhöhlen im Kindes-
alter. Inaug.Diss. Göttingen 1957. Aus der Universitäts-Kinder-
Klinik Heidelberg.

Valošin, J.: Über den Blutstrom in der Vena mastoidea: Ref.:
Zbl.Hals-, Nas.- u.Ohrenheilk. 11, 275 (1928)

- : Zur Anatomie des canalis venae emissariae mastoideae
beim Menschen. Ref. Zbl.Hals-, Nas.u.Ohrenhk.14, 331
(1930)

Vyslonzil, E.: Über die Entwicklung der Nebennasenhöhlen bei
chronischen Otitiden im Kindesalter. Mschr.Ohrenhk. 89, 45 (1955)

Weed, L.H. and L.B.Flexner: Relations of the intracranial
pressures. Amer. J. Physiol. 105, 266 (1933)

Wegfahrt, P.: The establishment of drainage of intraocular and
intracranial fluids into the venous system. J.med.Res. 31,149-166
(1914)

Weickmann, Fr.: Vikarierende Nebenhöhlenhyperplasie bei hypo-
plastischen Großhirnprozessen. Fortschr.
Röntgenstr. 88, 432-439 (1958)

: Grundlagen der angiographischen Diagnostik zere-
braler Gefäßprozesse und spezielle angiographische
Therapie zerebraler Gefäßprozesse. In Quandt:
Die zerebralen Durchblutungsstörungen des
Erwachsenenalters S.112-257. Berlin: VEB-Verlag
Volk u. Gesundheit (1950).

Wimmer, K.: Die Architektur des Sinus cranialis und der einmünden-
den Venen als statische Konstruktion. Z.Anat.Entwickl.Gesch.116,
459-505 (1952)

Literatur 7

Wittmaak, K.: Über die normale und pathologische Pneumatisation des Schläfenbeines. G.Fischer, Jena 1918

Wolff, H.G. and H.C.Blumgart: The effect of normal and of increased cerebrospinal fluid pressure on the velocity of intracranial blood flow. Arch.neurol.Psychiat. (Chicago) 21, 795-804 (1929)

Vasargil, K.G.: Die Röntgendiagnostik des Exophthalmus unilateralis. Basel u.New York; S.Karger 1957

Young, A.H. and Robinson, Á.: The vascular system, in Cunningham: Text-book of anatomy, Edinburgh 1928

Ziegler: Arch.klin.Chir. 53, 75 (1896)

Zuckerkandl, E.: Normale und pathologische Anatomie der Nasenhöhle und ihrer pneumatischen Anhangs. Bd.II Wien u.Leipzig, Wilhelm Braumüller 1892

Zülch, K.J.: Neurologische Befunde bei Patienten mit Hemisphärektomie wegen frühkindlicher Hirnschäden. Zbl.Neurochir. 14, 48-63 (1954)

Es sei mir an dieser Stelle gestattet,
Herrn Professor Dr. med. S ü s s e
herzlich für die Überlassung des Themas
und die allzeit freundliche, beratende
Hilfe zu danken.

Lebenslauf

Am 26.1.1941 wurde ich in Langseifersdorf, Kreis Reichenbach/Schlesien geboren. Gegen Ende des Krieges flohen meine Eltern mit meinem Bruder Volkhard und mir nach Westdeutschland. Bis 1948 wohnten wir in Niederurff, einem kleinen Dorf im Landkreis Fritzlar-Homburg, wo ich auch im Herbst 1946 in die Grundschule aufgenommen wurde. 1948 ließ sich mein Vater in Borken, Bezirk Kassel als praktischer Arzt nieder. Hier besuchte ich die Grundschule bis Ostern 1951. Ostern 1951 bestand ich die Aufnahmeprüfung für den Besuch des Realgymnasiums in Homburg, Bz. Kassel, wo ich dann im März 1960 die Reifeprüfung ablegte.

Den vorklinischen Teil meines Studiums begann ich am 1.5.1960 an der Universität in Gießen. Im Frühjahr 1961 bestand ich dort den naturwissenschaftlichen Teil der ärztlichen Vorprüfung mit der Note "gut". Ebenfalls in Gießen bestand ich dann den zweiten Teil der ärztlichen Vorprüfung im Juli 1962 mit der Note "gut". Das erste klinische Semester belegte ich im WS 1962/63 an der Universität in Innsbruck, das zweite klinische an der Sorbonne in Paris. Im dritten klinischen, also im achten Fachsemester, wechselte ich dann nach Marburg über, wo ich an der Philipps-Universität am 17.2.1966 das Staatsexamen und am 21.2.1966 die medizinische Dr.-Prüfung ablegte.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten:

in Giessen: Albers, Ankel, Blasius, Brendel, Dödt, Gauer, Graumann, Hanle, Kröhnke, Neumann, Rollhäuser, Scharmann, Schuchhardt, Staudinger, Thauer, von Denffer

in Innsbruck: Günther, Halhuber, Hittmair, Huber, Konzett, Lang, Steiner, Tapfer, Wense

in Paris: De Gennes, Laplane

in Marburg: Beckmann, Berendes, Braun-Falco, Buchholz, Cleve, Dölle, Du Mesnil de Rochement, Exner, Falke, Gedigk, Hamm, Hartmann, Heuser, Hildebrandt, Hornung, Jacob, Lang, Lübbers, Linneweh, Mann, Martini, Neubauer, Poetschke, Rohen, Salfeld, Schiff, Schleyer, Schmid, W., Schmidt, F.W., Siegert, Siess, Schwaiger, Straub, Würterle.

